Workshop – Alzheimer, Approche pluridisciplinaire

De la recherche clinique
aux avancées technologiques

Actes du Workshop

Éditeurs

Mustapha Mojahid
Christophe Jouffrais
Isabelle Etcheverry

IRIT – ISBN 978-2-917490-25-9
25 Janvier 2013
Muséum d'Histoire Naturelle, Toulouse, France

Avant Propos

Le projet d'organisation d'un workshop autour des avancées scientifiques et technologiques dans l'accompagnement des malades Alzheimer émane de l'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) avec un soutien marqué de l'axe scientifique « systèmes Informatiques pour la Santé et l'Autonomie. Pour organiser cette manifestation, l'IRIT s'est associé avec le CLLE–LTC (Cognition, Langues, Langage, Ergonomie « Laboratoire Travail et Cognition ») et la maison intelligente de l'IUT de Blagnac. Ce projet a vu le jour grâce à une rencontre avec la directrice de l'association Atelier Apprenant qui était dans son quotidien sur le terrain en contact avec la maladie et les malades.

Nous avons cherché à donner toutes les colorations nécessaires pour réussir ce workshop en faisant rencontrer dans un même lieu (le Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse nous a accueilli dans ses locaux et a constitué le lieu idéal) à la fois des chercheurs, des professionnels de la santé, des industriels et des associations.

Bien que de façon non exhaustive, cette rencontre a pu traiter des aspects neuroscientifiques, cliniques et comportementaux de la maladie, ainsi que les recherches portant sur les technologies d'assistance aux malades. Notre volonté était de rassembler des chercheurs d'horizons variés incluant l'informatique, la médecine, les sciences de la vie et les sciences humaines et de provoquer une rencontre avec les industriels et les associations représentant les malades.

Le workshop a été structuré en deux parties :

Dans la première partie, nous avons fait appel à des conférenciers invités. Le but était de donner la parole à des chercheurs remarquables dans le domaine de la maladie d'Alzheimer. Quatre sessions ont été organisées : neuros-

cience, clinique, socio-technologique et présentation d'outils. Pour chacune des sessions, nous avons fait appel à deux intervenants dont un de Toulouse et un extérieur à Toulouse, dans le but de favoriser les échanges.

Dans la deuxième partie nous avons affiché sous forme de posters les travaux de recherche en cours dans le domaine.

Les actes regroupent ainsi les articles sélectionnés auxquels s'ajoutent les productions écrites des conférenciers invités.

Ce workshop a trouvé sa place dans une manifestation plus générale en s'alliant à l'association « Atelier Apprenant » et le Greta Garonne qui ont organisé deux autres interventions destinées au grand public.

Ce workshop fut particulièrement intéressant. Il a rassemblé plus de cent participants ayant donné des retours très positifs. Nous envisagerons certainement une deuxième édition.

Mustapha Mojahid,
Christophe Jouffrais
& Isabelle Etcheverry.

Partenaires

Table des matières

Particularismes de la recherche technologique au profit des personnes présentant une maladie d'Alzheimer ou un syndrome apparenté 1

Pierre Rumeau, Nadine Vigouroux, Frédéric Vella, Blandine Boudet, Thérèse Giacobini

L'approche TEMSED : réponse à l'exigence méthodologique de l'évaluation des technologies et services de santé à domicile et d'autonomie 11

Vincent Rialle, Juliette Sablier, Bertrand Boudin, Jérémy Bauchet, Lionel Ben Ahmed

Modifications du fonctionnement cognitif au cours du vieillissement normal et de la maladie d'Alzheimer : Etudes cognitives et par imagerie cérébrale morphologique et fonctionnelle. 21

Béatrice Desgranges

Perception des objets et des scènes au cours du vieillissement sain et de la MA 35

Florence Rémy

« Réalité Virtuelle et évaluation de la cognition quotidienne: résultats d'une étude auprès de patients en stade précoce de démence de type Alzheimer. » 43

Hélène SAUZEON, Marie DEJOS, Emilie BALLAND, Charles CONSEL, Bernard N'KAOUA

Forum collaboratif de conception d'un assistant personnel à l'autonomie et au maintien des activités sociales dans les espaces de vie quotidienne (FORAVIQ). Pour une méthodologie de l'Objet Flou (MOF) 59

Alice ROUYER Marina CASULA

Déploiement et expérimentation d'un système socio-technique pour la surveillance des activités comportementales de personnes en perte d'autonomie dans un habitat intelligent 75

Eric Campo (LAAS, Toulouse), Adrien van den Bossche, Nadine Vigouroux, Frédéric Vella, Xavier Daran, Edyta Osuch, Jean-Claude Marquié, Isabelle Etcheverry, Pierre Rumeau

HOMECARE : une plateforme technique de surveillance pour le suivi actimétrique de patients Alzheimer 87

Fehd Bettahar, Walid Bourennane, Yoann Charlon, Eric Campo

Analyse du discours et maladie d'Alzheimer Vers une prise en charge non médicamenteuse de type orthophonique 99

Hyeran LEE, Melissa Barkat-Defradas

FilHarmonie, une aide mémoire au bout du fil 109

Jeremy Bourgeois, P.H.Robert, Daniel Coya, Annie Ferkous

Usage de technologies d'interaction par des personnes âgées atteintes d'une maladie d'Alzheimer 123

Frédéric Vella, Nadine Vigouroux, Blandine Boudet, Pierre Rumeau

Maladie d'Alzheimer et système praxique sémantique 135

Elisa Bonnemoy, Liliana Rico Duarte, Agnès Daurat

Reconnaissance de sons d'eau pour l'indexation en activités de la vie quotidienne 147

Patrice GUYOT, Julien PINQUIER (IRIT, Toulouse), Régine ANDRE-OBRECHT (IRIT, Toulouse)

Particularismes de la recherche technologique au profit des personnes présentant une maladie d'Alzheimer ou un syndrome apparenté

▶ Pierre Rumeau (Laboratoire de Gérontechnologie la Grave, CHU Toulouse-Gérontopôle-UMR1027 Inserm-UPS),
Nadine Vigouroux, Frédéric Vella (IRIT, Toulouse),
Blandine Boudet, Thérèse Giacobini (Laboratoire de Gérontechnologie la Grave-Gérontopôle, CHU, Toulouse)

■ RÉSUMÉ • La recherche technologique au profit des personnes présentant une maladie d'Alzheimer ou un syndrome apparenté présente des particularités qui la distinguent tant de la recherche technologique que de la recherche médicale classiques. Le sujet d'étude implique un couple outil, usager ; il doit donc prendre en compte les particularités de la maladie neurodégénérative qui vont avoir une influence tant sur la structuration de l'étude que sur l'interaction entre l'homme et le dispositif. Ces particularités sont les répercussions de la maladie elle-même sur la participation de l'usager (capacité à consentir, trouble de l'adaptation, fatigabilité…) mais également l'intrusion des aidants dans son mode de vie. La prise en compte de cet environnement de recherche complexe implique une approche pluridimensionnelle et multidisciplinaire dans le cadre d'un objectif de recherche. Les acteurs partagent une réflexion éthique continue intégrée au projet. L'approche itérative centrée utilisateur va, pour notre laboratoire, comporter quatre étapes, du plus amont au plus proche de la mise en service : brain-storming, focus groups, living lab puis true-life lab (« vie vraie »). Lors des itérations, un retour complet ou ponctuel aux étapes précédentes pourra être réalisé devant des hypothèses qui ne se seront pas vérifiées. Le true-life lab est le déploiement sous surveillance, dans des conditions d'usage et dans un environnement d'usage qui n'est pas contrôlé (par opposition au living lab) ; il permet de mettre en évidence des éléments d'acceptabilité et d'usage mais également des aspects techniques de robustesse. Le true-life lab se décline en quatre phases : choix de l'écosystème de déploiement, déploiement technique, usage scénarisé et enfin usage libre évalué. Le succès du true-life lab permet le passage à une évaluation clinique.

■ MOTS-CLÉS • Recherche technologique, maladie d'Alzheimer, éthique, méthode, true-life lab.

■ *ABSTRACT • Technological research for those suffering Alzheimer disease or related syndromes is different both from regular technological and medical research. We are studying both the user its tool as one only topic. The cognitive disease has an impact on the structure of the study as well as on how the user will interact with the tool. i.e.: it will modify the participation of the user (consent, difficulties to adapt,*

© IRIT

tiredness…), cause the irruption of the caregivers in the user's way of life. This complex environment requires a multidimensional, multidisciplinary approach framed in a common research goal. The researchers must share an embedded ethical part in their research. The iterative user-centred approach, in our lab, develops in four steps: brain-storming, focus groups, living lab and true-life lab. L'approche itérative centrée utilisateur qui va, pour notre laboratoire, comporter quatre étapes, du plus amont au plus proche de la mise en service : brain-storming, focus groups, living lab puis true-life lab (« vie vraie »).Iterations may imply a compleat step down to the previous step or apply only to a partial hypothesis we could not verify. The true-life lab is a survey of the deployment of the tool in the prospect, uncontroled, use environment (as opoosed to a controled living lab environment); it will show acceptance and use issues as well as technical robustness. The true-life has four steps: election of the ecosystem, technical deployment, scenario based tests and assessed free use. Success of the true-life lab step will allow clinical trials with the tool.

KEYWORDS • *Technical research, Alzheimer's Disease, ethics, method, true-life lab.*

1. Introduction

La recherche technologique au profit des personnes présentant une maladie d'Alzheimer ou un syndrome apparenté (MA) est un impératif éthique dans un monde où la recherche pharmacologique ne peut plus à elle seule résumer la réponse à une maladie complexe qui déstructure tant la vie de la personne atteinte que de celle de sa famille. Elle a pour objet de produire de nouveaux outils de compensation des handicaps induis par la MA mais également des outils dédié à une meilleure évaluation des patients (notamment venant en complément des mesures physiologiques ou évaluations neuropsychologiques classiques) et des outils métier optimisant l'action des aidants professionnels mais également naturels. Il peut aussi bien s'agir de nouvelles technologies que d'usages innovants de technologies déjà existantes. Ainsi la Société Française des Technologies pour l'Autonomie et de Gérontechnologie, dont l'objet est « … l'assistance aux personnes âgées et/ou en situation de handicap par des moyens et une organisation faisant appel aux nouvelles technologies de l'information, de la communication, de la mécanique et de la mécatronique. » a choisi de définir le terme de « Gérontechnologie » au singulier comme lié à l'usage de technologies diverses ; dont certains pourront être anciennes mais dans des usages nouveaux et innovants, justifiant d'être étudiés.

Les personnes présentant une MA sont des personnes qui vont souvent répondre à la définition de vulnérabilité ; elles font souvent l'objet de mesures de protection des majeurs qu'il s'agisse de signalements de type « sauvegarde de justice » ou de jugements de mise sous protection (« curatelle », « tutelle »). Le code de santé publique précise que la recherche n'est possible chez des personnes majeures sous de mesure de protection que si c'est au bénéfice de ce même type de population (Article L1121-8

© IRIT

du Code de Santé Publique). D'autre part, les personnes présentant une MA doivent bénéficier des avancées de la technologique (mesure 7 du plan Alzheimer) au même titre, voire même dans un impératif de solidarité, encore plus que des sujets sans besoins spécifiques. Cet accès à la recherche fait d'ailleurs également partie des recommandations du plan Alzheimer (mesure 22).

Cette recherche s'est développée en France, dans les années 1990, portée par des chercheurs de formation ingénieuriale dans le milieu gérontologique, initialement dans des projets d'actimétrie intégrée au milieu de vie (projets Gardien, Steenkeste, Couturier, Prosafe, Campo, AILISA, Noury, Rumeau, Belmain…). Grâce a des supports de l'ANR et de la CNSA, les champs se sont progressivement étendus parallèlement au nombre de chercheurs impliqués : robotique (robots compagnons, robots déambulateurs), interaction homme machine adaptée, téléalarmes automatisées, évaluation scientifique des usages de dispositifs de géolocalisation… La recherche technologique pour la MA occupe une part majeure de l'activité du Centre d'Expertise National Stimulation Cognitive (STIMCO).

2. Spécificités de la MA

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurodégénérative multifactorielle, plus fréquente chez les sujets âgés, qui se caractérise par la présence de lésions anatomiques (dégénérescence neurofibrillaire et plaques séniles). Elle va s'étendre de proche en proche au sein du cortex cérébral en touchant progressivement la mémoire, l'orientation temporelle et spatiale, puis les fonctions instrumentales (praxies, gnosies, phasie). En fin d'évolution, toutes les fonctions cérébrales sont susceptibles d'être touchées. Cette atteinte cognitive va s'ajouter aux déficiences liées à l'âge (notamment visuelles et auditives mais aussi motrices) qui vont pouvoir en majorer l'impact (respectivement sur l'agnosie visuelle et l'aphasie).

Certaines caractéristiques de la MA vont avoir un impact particulier sur la conduite de recherche technologique au bénéfice de ces populations.
La MA, aussi homogène soit elle dans son extension, n'est jamais un retour en enfance ; la personne atteinte va garder de façon préférentielle certains acquis qu'il s'agisse de mémoire ou de stratégie. Une personne avec une MA devra toujours bénéficier d'une information adapté, quand bien même, après évaluation neurospychologique médicale, elle ne serait pas jugée en compétence de donner un consentement éclairé. La déclaration d'une personne de confiance au titre de la loi, la présence d'un tuteur, nécessite de fournir à ces personnes une information en vue d'un consentement éclairé (de même qu'à l'aidant principal lorsque c'est pertinent), mais ne dédouane nullement de fournir au volontaire MA lui-même une information adaptée. Dans un souci de transparence, lorsque cela est possible, il ne faudra pas hésiter à proposer à un proche de la personne soit d'avoir une démonstration de ce en quoi consiste

© IRIT

l'étude, soit de participer elle-même à l'étude comme contrôle. Nous prendrons bien sûr en compte le fait que la condition d'aidant de patient MA a un retentissement social comme en terme de santé.

D'un point de vue pratique, les protocoles de recherche vont devoir prendre en compte la fatigabilité importante des volontaires MA sous peine d'échec de l'expérimentation et de risque accru de retraits de consentement. Cette fatigabilité, probablement liée au recrutement de la réserve attentionnelle dans le cadre de la compensation des déficiences neurologiques liées à la maladie, n'a pas seulement un retentissement sur la durée d'efficience cognitive optimale mais également sur la fatigue physique et psychologique. Les protocoles viseront à être le plus simples possible et des temps de repos seront aménagés. Le cycle veille-sommeil et les habitudes de vie du volontaire seront pris en compte tant lors de l'écriture du protocole que lors de la demande de consentement. Il est illusoire de vouloir obtenir la participation d'un volontaire MA lorsqu'il est engagé dans une autre activité exclusive (par exemple s'il est en phase d'attend d'un transport qui doit lui permettre de regagner son domicile).

3. Ethique et collaboration multidisciplinaire

La recherche technologique chez des personnes présentant des troubles cognitifs présente des nécessités liées à son objet même.

D'une part, des corpus de compétence distincts doivent être mis en œuvre pour obtenir un résultat, voire des résultats complémentaires dans des approches de disciplines diverses. Vont devoir s'ajouter des compétences ingénieuriales, de sciences humaines et sociales, médicales. Pour pouvoir s'imbriquer efficacement, ces compétences vont être associées par des personnes dont la connaissance des lexiques et us propres va autoriser un rôle de médiateur. Ce rôle de médiateur est le plus souvent bâtit sur une compétence mixte qui donne la légitimité. Si l'équipe de recherche ne dispose pas dès la réflexion initiale d'une personne pouvant assurer cette fonction ; une ouverture réciproque des partenaires, dans le respect des compétences, devra permettre l'émergence d'une fonction de médiation.

D'autre part, l'objet de la recherche étant lié à l'état de patient, de la maladie d'Alzheimer (personne en situation de maladie et de handicap) ; la recherche fait irruption dans le monde du soin. Le respect de l'obligation d'innocuité (primus non nocere) et la protection des droits du patient et le vont s'imposer. La loi sur la recherche biomédicale interdit la recherche sur des personnes en situation de fragilité si elle n'a pas pour objet de chercher à vérifier une hypothèse scientifique dont la connaissance pourrait bénéficier directement à cette population. Force est de constater que la recherche technologique, plus particulièrement dans les technologiques de

© IRIT

compensation du handicap et d'augmentation de la participation sociale, répond le plus souvent aussi bien à cette dernière exigence qu'au principe d'innocuité. Néanmoins, ces éléments devront être systématiquement, et conjointement par tous les partenaires, vérifiés en préalable à chaque étude. Le premier des droits du patient est le droit au secret qui le protège notamment de conduites discriminatoires liés à son diagnostic de MA. Le secret médical est un secret professionnel particulier qui outre les caractéristiques de celui-ci défini dans le code pénal comporte une obligation déontologique de défense et ne se limite pas seulement à un respect passif. Toute mesure doit donc être prise pour protéger les données sensibles du patient MA qui se porte volontaire. L'exigence de protection du secret médical peut paraître contradictoire avec la participation de professionnels, à fortiori sans lien avec la santé, à des recherches avec des patients MA. Néanmoins, l'obligation déontologique de donner accès à la recherche aux patients MA et le caractère fondamentalement disciplinaire de la recherche technologique au profit des patients MA ; impliquent que le secret médical doit être partagé. Et ce bien que les chercheurs, ne participant pas au soin et devant impérativement être identifiés clairement comme tels, ne peuvent pas être considérés comme auxiliaires médicaux. Les chercheurs seront donc détenteurs, conformément aux besoins du protocole et dans sa limite d'éléments du secret médical : ils devront donc s'y conformer strictement (y compris pour des éléments appris hors protocole de part leur présence ou les échanges avec le patient et ses aidants). Nous pouvons proposer que les données, de quelque nature qu'elles soient, soient dès que possible anonymisées pour limiter le risque de divulgation.

Les difficultés liées à la participation de chercheurs sans formation médicale ou paramédicale ont amené la SFTAG, APPROCHE et ASSISTH à organiser un conseil éthique sur le sujet. Dans cette méthodologie innovante, une question réglée par la loi mais pas dans les usages est abordée par des témoins en ayant l'expérience sous des angles différents. Ceux-ci sont questionnés par les membres du conseil, choisis parmi les acteurs représentatifs du domaine. A l'issue des auditions, les membres du conseil formalisent un consensus (ou son absence) sur la réponse à la question et aux questions corolaires identifiées lors des auditions et discussion. Le conseil éthique a constaté que cette participation était un impératif éthique vis a vis de l'obligation de pertinence de la recherche. Elle est rendue possible par la présence de médiateurs faisant le lien sémantique et culturel entre ces « mondes ». Elle a insisté sur l'importance du protocole dans la répartition des interventions, l'identification claire de chaque participant envers les volontaires, le rôle fondateur du consentement du patient et de la personne de confiance, le respect, par tous, du volontaire et de son droit à un refus temporaire ou à un retrait de consentement en cours d'étude. Il est recommandé que ces études soient multidisciplinaires et intégrées dès le concept.

© IRIT

4. Principes méthodologiques

Comme d'usage en recherche technologique ; deux principes entrent en tension : la « customisation » et le « design for all ». L'efficacité économique de ces deux approches est empiriquement fonction de la prévalence du déficit de participation causé par la déficience considérée dans la population, pour une faible présence dans la population : la customisation sera souvent nécessaire, puis le design for all sera plus adapté avant que les deux se rejoignent à un niveau suffisant de prévalence, cf. : Figure 1. Elle est aussi fonction de la simplicité et du coût de réalisation des solutions dans les deux approches. Selon la classification internationale des fonctionnements de l'OMS, un objet technologique adapté sera un facilitateur qui permet l'inclusion sociétale de la personne handicapée tandis qu'un objet inadapté pourra être considéré comme un obstacle. Derrière, ici encore, la notion de service prime par rapport à celle d'outil. Des situations nécessitant des designs spécifiques vont survenir lorsque les spécifications nécessaires pour la majorité rentreront en contradiction avec celles requises par un type de déficience ; un processus d'analyse de risque étant alors indispensable (exemple : accès à un bouton ou un distributeur de billets à faible hauteur du sol).

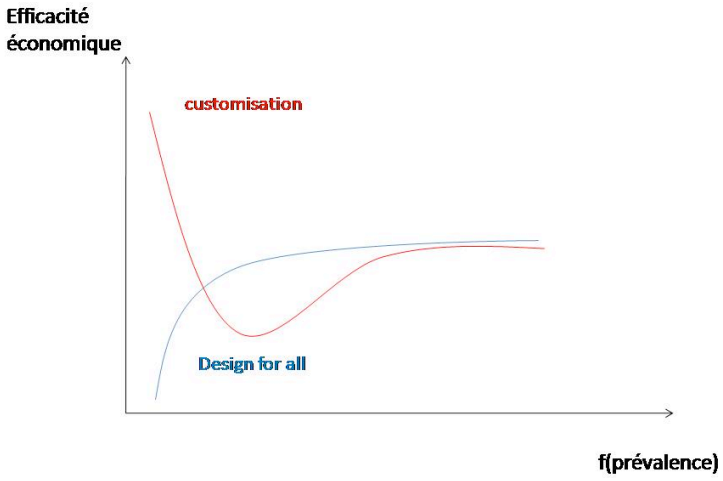


Figure 1 • variation empirique de l'efficacité économique de la customisation et du design for all

© IRIT

4.1. Globalité de l'approche

L'approche va comporter quatre étapes qui vont chacune demander un ensemble de compétences, bien choisies pour le pertinence, portées par divers acteurs. Ces étapes comportent une phase technologiques de recherche et développement en laboratoire (celles-ci n'ayant pas de caractère spécifique ne seront pas ci-après détaillées). Elle est par essence itérative avec la possibilité de répéter l'étape précédente si des éléments empêchent de valiser l'étape suivante. La première étape est le « brain storming » : après avoir défini un sujet lié à des besoins suspectés (use push, ou avec plus de réticence de notre part à une nouvelle technologie dans le techno push), un petit groupe d'experts multidisciplinaire est dirigé par un promoteur qui va orienter les débats en fonction de questions à discuter. Le brain storming peut être réalisé par plusieurs sessions consécutives entrecoupées de réalisation par toute ou partie des participants d'actions supplémentaires visant éclairer la question dans leur domaine propre. Il est assez fréquent, surtout dans la recherche chez des personnes présentant des troubles cognitifs, seuls les usagers secondaires soient présents à ce stade. Le « focus group » fait suite au brain storming pour raffiner la perception du besoin, il se base sur des résultats (plus particulièrement des scénarios de service) obtenus lors du brain storming. Il s'appuie au mieux sur le fonctionnement réel de prototypes démontré aux participants. L'animateur va susciter le débat et l'orienter vers un consensus parmi un petit groupe de personnes représentatives (3 minimum à 8 tout au plus). Il va indiquer des domaines à aborder mais ne devra en aucun cas orienter les réponses. Le plus fréquemment dans notre domaine, plusieurs focus groupes sont nécessaires ; séparant les usages intermédiaires éventuels et les usagers finaux. Dans le « living lab », la technologie opérationnelle va être testée dans un environnement contrôlé avec des volontaires en petit nombre, scrutés sous forme de cas d'usage, représentatifs des bénéficiaires potentiels. Il s'agit d'une faisabilité technique. La validation des essais en living lab peut ouvrir sur l'étude pilote de la faisabilité, maintenant, du service en environnement non contrôlé. Nous avons proposé une structuration de cette étape dans le cadre de la méthodologie du « true-life lab ».

4.2. True-Life Lab : exemple du projet AAL DOMEO

Il s'agit de l'étude d'un ou plusieurs cas de déploiement, sur site réel (maison particulière, ehpad, hôpital…), par des personnels de même niveau de compétence que ceux qui en auraient le rôle dans le modèle de service envisagé. Dans le projet AAL DOMEO, nous avons réalisé le premier déploiement mondial, d'un service visant à la levée de doute par l'aidant principal, au moyen d'un robot compagnon de type Kompaï® (Robosoft SA), en cas de suspicion d'un accident. Il a été déployé chez un couple de nonagénaires avec troubles moteurs et cognitifs, vivant dans une villa avec une fille, aidante principale, vivant à 1,8 km et présente habituellement trois fois par jour.

© IRIT

L'étude est réaliser en prenant garde d'influer le moins possible sur les usagers. Ainsi le nombre d'intervenants a été restreint et le choix de la chronologie des interventions (tant déploiement et maintenance qu'évaluation) a été après modélisation logique de l'activité des deux usagers finaux et de leurs différents aidants. Le déploiement a été réalisé par une technicienne avec une formation en biologie, une compétence dans les troubles cognitifs mais des notions informatiques restant de niveau moyen. Celle-ci a été formée par les porteurs du projet et a bénéficié d'un mode d'emploi détaillé, des fiches réflexes ont été rédigées pour les fonctions de base. C'est elle et le médecin de l'étude, formé selon les mêmes modalités, qui sont intervenus comme « fournisseur de service ». L'appel aux spécialistes était considéré comme intervention de l'industriel ou du prestataire intermédiaire. La première phase a été le déploiement du robot : cette phase avait pour objet de vérifier que les fonctions étaient opérationnelles. Dès ce stade, des problèmes qui auraient pu être suspectés mais n'avais pas été détectés en living lab sont apparus : pour le SLAM réflexion sur des plinthes carrelées, sur les escaliers en marbre, traversée des baies et portes vitrées, blocages, sur les tapis épais ou certaines surfaces de linoléum, liés au capteur optiques visant à empêcher le robot de chuter, chute évitée de peu du vieux monsieur étant aller rechercher un tapis enlevé dans l'endroit inaccessible où il avait été disposé… Dans une deuxième phase des tests scénarisés en fonction des fonctionnalités élémentaires de l'outil ont été réalisés ; ceux-ci ont fait apparaitre des premiers éléments d'utilisabilité et de robustesse : taux de succès des déplacements, évitements d'obstacle, déclanchement du bouton SOS, qualité de la connexion Internet ou des interfaces audio (hauts parleurs). Ces tests validés, après une intervention du fabriquant, il a été possible de passer aux tests d'usage libre. Ceux-ci ont montré un besoin indiscutable avec 8 occurrences sur 6 semaines. La fragilité de la connexion Internet (liée à la saturation du marché 3G entre la période ayant mené au choix et les deux ans qui ont suivi avant le déploiement, mais également à un changement de marché intempestif de l'institution) a fait échouer le service dans les ¾ des cas ; insistant sur le choix du mode de connexion, du contrat, de la qualité de service demandée. Dans notre étude cela n'a pas été le cas mais le true life lab peut aussi comporter un suivi économique qui permettra une approche micro-économiaque fine du coût usager et des coûts de fonctionnement. Le succès de la phase de true-life lab va ouvrir soit sur un déploiement direct, « en aveugle », soit sur des études cliniques.

4.3. Quelques mots sur les études cliniques

Par études cliniques, on entend habituellement : étude de cohorte randomisée, contre groupe témoin de référence, en double insu, avec preuve statistique de l'effet sur la présence d'une différence significative entre les deux cohortes sur un critère de jugement principal. Ce type d'étude fait la preuve d'un effet à l'échelle d'une population. En pratique cette approche implique plusieurs conditions : 1- la population suit

© IRIT

une loi normale, pour chaque facteur pouvant avoir un effet sur le résultat, ce qui permet l'annulation des biais, 2- l'effet est suffisamment fort pour permettre une signification statistique avec un nombre de sujets acceptable, 3- l'exposition que l'on veut évaluer est quantifiable et si possible identique pour tous les sujets intervention et témoins (exposition nulle). Il est facile de comprendre que cette méthodologie est rarement adaptée en cas de recherche technologique par le faible nombre de dispositifs disponibles et par la difficulté à mettre en place un insu sur un service.

Deux autres types d'études à notre sens plus pertinents.

L'étude de type baseline est une forme d'étude de cas nécessitant que le patient soit dans un état stable mesurable ou que son évolution soit prévisible ; des mesures répétées font la preuve à l'échelon individuel de l'effet sous réserve que le service déployé soit le seul changement. La répétition de ses cas peut être extrapolée à l'échelle d'une population sous réserve d'avoir défini des critères précis d'inclusion.

Le parangonnage ou « benchmarking » est une méthode d'étude développée pour les situations complexes basée sur la modélisation logique des processus en vue du contrôle des biais. Un ou des critères sont définis pour juger du succès ou de l'échec, puis l'analyse est réalisée sur l'impact des différents modules (présence et niveau d'activité) de chaque processus sur le résultat global. Il s'agit d'une méthode extrêmement puissante, utilisée en renseignement militaire ou industriel, qui commence à être utilisée dans le domaine médical (par exemple en santé publique). Elle donne un résultat valide à l'échelle d'une population. Son défaut principal est qu'il est nécessaire de réaliser une comparaison avec un service, existant, répondant au même besoin d'une façon différente.

5. Conclusion

La recherche technologique au profit des personnes présentant une maladie d'Alzheimer ou un syndrome apparenté est possible et éthiquement souhaitable. Elle doit répondre à une méthodologie adaptée et nécessité des compétences particulière en plus des compétences de base du domaine d'origine du chercheur. A une époque où l'industrie du médicament atteint certaines limites, elle est porteuse de nombreux espoirs tant pour la connaissance de la maladie que de son traitement.

6. Remerciements

Nous remercions l'ANR et la CNSA pour leurs financements, les volontaires et leurs familles sans lesquels nos travaux ne seraient pas possibles.

© IRIT

7. BIBLIOGRAPHIE

Centre d'expertise nationale stimulation cognitive, http://censtimco.org/ (consulté le 27 mai 2013)

International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), http://apps.who.int/classifications/icf/en/index.html (consulté le 27 juin 2013)

Plan Alzheimer, http://www.plan-alzheimer.gouv.fr/ (consulté le 26 juin 2013)

Possibilité pour des personnes sans formation médicale ou paramédicale de participer à des activités de recherche technologique auprès de patients ou de personnes en situation de handicap. Conseil éthique, tenu le 19 janvier 2011, sous l'égide de APPROCHE, ASSISTH et SFTAG.

RUMEAU P., VIGOUROUX N., BOUDET B., LEPICARD G., FAZEKAS G., NOURHACHEMI F., SAVOLDELLI M. (2012). Home deployment of a doubt removal telecare service for cognitively impaired elderly people: a field deployment. *3rd IEEE CogInfoCom 2012 Conference*, Kosice, Slovakia.

© IRIT

L'approche TEMSED : réponse à l'exigence méthodologique de l'évaluation des technologies et services de santé à domicile et d'autonomie

▶ Vincent Rialle (AGIM & ATMISS, Grenoble), Juliette Sablier, Bertrand Boudin, Jérémy Bauchet, Lionel Ben Ahmed (AGIM, Grenoble)

■ RÉSUMÉ • La démarche évaluative multiaxiale et pluridisciplinaire TEMSED se propose d'apporter à la fois sens (valeurs fondamentales) et méthodes (protocoles expérimentaux, outils d'évaluation, échelles et questionnaires standardisés). Elle utilise une axiologie à 6 dimensions fondamentales (Technologie, Ergonomie, Médecine, Société-organisation, Économie, Déontologie) et a pour but d'aider le concepteur d'une évaluation à dépasser les approches sectorisées et incomplètes de l'évaluation et leur permettre de produire des données probantes et des indicateurs capables de répondre aux besoins d'information des usagers potentiels et des responsables professionnels sur la valeur de leur produit.

■ MOTS-CLÉS • Evaluation, gérontechnologie, e-santé, éthique.

■ *ABSTRACT • TEMSED is a multiaxial and pluridisciplinary approach of evaluation aimed at providing both meaning insight (fundamental values) and methods (experimental protocols, tools for evaluation, standardized measures and questionnaires). Its purpose is to overpass the sectored evaluation approaches in order to help experiment designers to build complex evaluation tasks able to produce indicators of efficiency, social utility, cost effectiveness, etc. To that end, an axiology based on 6 fundamental dimensions is proposed (Technology, Ergonomics, Medicine, Society and organization, Economics, Deontology).*

■ *KEYWORDS • Evaluation, gerontechnology, e-health, ethics.*

© IRIT

1. Introduction : urgence et nécessité d'une évaluation des innovations technologiques

L'action d'évaluer consistant à « déterminer la valeur de quelque chose » (Dictionnaire Larousse), sa réalisation pose d'emblée deux questions. Celle d'une part de la « valeur » : qu'est-ce qu'une valeur ? Quelles sont les valeurs à considérer ? Qu'est-ce qui doit être valorisé ? Qu'est-ce qui, à l'inverse, n'a pas de valeur ? (Ben-Ahmed, 2012, Dewey, 1939, Rialle, 2013)... Celle d'autre part de la « vérité », ou « véracité de la valeur attendue » : tel objet technique, telle intervention, tel service ont-il la valeur qu'ils sont supposés avoir en terme d'utilité sociale, de service rendu médical, de fiabilité technique, de viabilité économique, de responsabilité juridique, etc. Cette vérité n'est que rarement en tout-ou-rien. Elle s'exprime de manière non catégorique, approximative, incertaine, et ce sera tout l'enjeu de l'évaluation que de restreindre avec mesure et méthode le domaine d'incertitude de son approche, de sa représentation sous forme écrite. Si, de plus, nous considérons avec Jean Bernard que « l'éthique est l'expression de la mesure » (Bernard, 1990), la mesure qu'apporte l'évaluation répond à une exigence éthique de véracité particulièrement importante en ces temps de mutation du système de santé sous forte pression socioéconomique (Hervé, 2000).

Les questions de valeur et de véracité précédemment résumées se posent de manière particulièrement aiguë et urgente dans le domaine de la santé et de l'autonomie des personnes âgées ou en situation de handicap, souffrant de maladies chroniques ou de vulnérabilité sociale (Rialle, 2013). Le Haut Conseil pour l'Avenir de l'Assurance Maladie (HCAAM) souligne en 2010 que : « Le grand âge est ainsi un formidable amplificateur des conséquences de tous les manques de « transversalité » de notre système de soins : assimilation trop exclusive de la qualité médicale à la surspécialisation disciplinaire, tendance à sous-estimer l'importance du concours des soins d'accompagnement et d'entretien à tout processus soignant, sans oublier la gestion séparée des questions sanitaires et des questions sociales.» (HCAAM, 2010, p. 7). Le rapport Ratte et Imbaud (Ratte et Imbaud, 2011) relève pour sa part deux dysfonctionnements essentiels :

« - les difficultés, en amont de l'hospitalisation, du suivi continu des personnes âgées par le système de soins de 1er recours. Il faut un réel suivi des patients atteints de polypathologies chroniques complexes, afin d'éviter une prise en charge uniquement dans les phases de crise aigue, et en urgence, sans qu'une solution adaptée ait pu être anticipée et organisée. Le recours trop systématique aux urgences est un réel symptôme de dysfonctionnement.

- l'absence d'anticipation et de coordination au moment de la sortie d'hospitalisation. Non seulement il est dangereux pour une personne âgée de rester

© IRIT

trop longtemps hospitalisée à la fois pour des raisons sanitaires mais aussi de perte d'autonomie, mais une sortie mal organisée peut également dégrader l'état du patient âgé. Il est donc impératif de coordonner plus efficacement la sortie de l'établissement de santé et la prise en charge sanitaire et médico-sociale à domicile. » (p. 21)

Parallèlement à ces difficultés d'une ampleur sans précédent de notre système de santé, conséquence des défis de la longévité croissante et du désordre économique, une créativité technologique d'une ampleur tout aussi inégalée se développe dans le domaine de la télé-santé (e-santé) et des Technologies et Services de Santé à Domicile et d'Autonomie (TSSDA). Cette créativité prétend ouvrir des voies nouvelles d'amélioration des conditions de vie des personnes et de modernisation des métiers médicaux, du soin ou de l'accompagnement. Elle tend à répondre à des besoins de sécurité au domicile ou en institution, d'assistance médicalisée en tout lieu, de liens sociaux et intergénérationnels, de confort de vie, d'allègement du fardeau d'accompagnement des malades, etc. (Carré, 2013). Comment identifier, dans ce foisonnement d'innovations technologiques conjointement produit par les voies technoscientifique et commerciale, celles qui apporteront des réponses utiles et réalistes aux besoins pressants en matière d'assistance médicalisée au domicile, de parcours de soins des personnes fragiles, de coordination, d'optimisation et de traçabilité des services et des interventions, de communication et de partage de données entre intervenants, de soutien des aidants, etc. ? L'évaluation multiaxiale et pluridisciplinaire peut apporter une réponse à cette question.

2. TEMSED : une approche d'évaluation multiaxiale et pluridisciplinaire

2.1. Finalité

L'évaluation des technologies et services dans le domaine de la santé et de l'autonomie à domicile (Piau et Rialle, 2012, Rialle *et al*, 2013) répond à la finalité éthique d'appuyer toute affirmation concernant une action, en l'occurrence liée au domaine de la fragilité liée à l'âge ou désavantage social, par des données probantes et fiables. En matière de technologie, la démarche d'évaluation ne consiste pas seulement à établir la valeur d'un produit à un instant donné de son développement (évaluation sommative), elle consiste également à éclairer les concepteurs du produit sur les voies qu'il convient de suivre pour progresser dans ce développement (évaluation formative) (Scriven, 1967). L'évaluation peut alors devenir catalyseur du développement d'une technologie et d'un service en proposant des retours (*feed-back*) structurés et pertinents pour les concepteurs. Cette vertu de formation repose sur un travail exigent de traduction et de relation entre les concepteurs, les usagers potentiels et les différents acteurs impliqués dans le soin ou l'accompagnement des personnes fragiles. Une telle évaluation peut permettre de rendre compte de la complexité des usages des

© IRIT

technologies et services de santé à domicile et d'autonomie et de transformer cette complexité en source de bénéfices humains.

C'est dans cet esprit qu'a été conçue la démarche évaluative multiaxiale et pluridisciplinaire TEMSED, ordonnée autour de 6 dimensions fondamentales complémentaires : la Technologie, l'Ergonomie, la Médecine, la Société et l'organisation, l'Économie et la Déontologie.

Cette approche a pour but d'aider le concepteur d'une évaluation à dépasser les approches sectorisées et fragmentaires de l'évaluation et de lui permettre de produire des données probantes et des indicateurs qui informeront les usagers potentiels et les « décideurs » sur la valeur de leur produit. Elle met en jeu plusieurs univers interdépendants, prend en compte divers types d'acteurs et tient compte des divers niveaux d'ampleur des études.

Présentée pour la première fois lors du premier colloque de la Société Française de Technologie pour l'Autonomie et de Gérontechnologie en 2009 (Rialle et Vuillerme, 2009), puis portée à la connaissance de la communauté internationale en 2010 (Rialle *et al*, 2010), cette approche se propose d'apporter à la fois un éclairage sur le sens (valeurs fondamentales) et des éléments méthodologiques (protocoles expérimentaux, outils d'évaluation, échelles et questionnaires standardisés, etc).

2.2. Axiologie

Les axes de valeurs définissant et structurant l'axiologie de l'approche TEMSED ont été soulignés dans l'ouvrage de base international sur la télésanté (Venot *et al*, 2013) et comme référence dans l'ouvrage de base de l'informatique médicale en France (Quantin *et al*, 2012). Les six domaines axiologiques représentant l'ensemble de valeurs se résument ainsi (Fig. 1) :

(1) le domaine Technologique concerne l'évaluation des performances, de la robustesse et de la fiabilité, de la conformité aux normes des instruments, dispositifs et protocoles utilisés, notamment en termes d'indicateurs référencés ;

(2) le domaine Ergonomique concerne l'évaluation du confort et de l'efficacité du couple utilisateur/dispositif ou /instrument ou /service ;

(3) le domaine Médical concerne essentiellement l'évaluation du Service Médical Rendu et consiste à mesurer, au moyen d'études interventionnelles, l'évolution de certaines dimensions spécifiques de l'état de santé de la personne ainsi que l'impact sur les conditions de travail des personnels soignants ;

© IRIT

(4) le domaine Social et organisationnel concerne l'évaluation de l'utilité sociale : amélioration du soutien à domicile, création de services à la personne, optimisation des services, etc. ;

(5) le domaine Économique concerne l'évaluation en termes d'indicateurs de coûts et de gains effectifs, dans toutes les dimensions de la vie économique et sociale ;

(6) le domaine Déontologique concerne l'évaluation des dispositions qui sont sensées accompagner l'usage des technologies en termes de respect des droits et des devoirs des parties prenantes, de clarté et de justesse des contrats, de recours en cas de conflits, etc.

Reprenant la définition de Paul Ricoeur (« Appelons visée éthique la visée de la vie bonne avec et pour autrui dans des institutions justes » (Ricoeur, 1990, p. 202), la visée éthique de l'approche TEMSED constitue la « clé de voute » des 6 dimensions précédentes. Cette visée fait de l'ensemble de l'approche un instrument pour aiguiser la faculté de perception des valeurs liées aux usages des technologiques et services, sans jamais limiter cette perception et sans idéalisation de l'évaluation. A quoi sert alors TEMSED ? À apporter des éléments de jugement solides aux débats et aux décisions qui en résultent.

2.3. Phases d'études

Par similarité avec la recherche biomédicale, le niveau de l'étude en terme d'ampleur d'objectifs, de moyens et de degré de preuve souhaité a été structuré en 4 phases principales (Fig. 1) :

- La phase I concerne les aspects purement **T**echniques (fiabilité, robustesse...), de très petite taille en terme de nombre de sujets inclus.

- La phase II concerne la relation directe de l'utilisateur au dispositif. Il s'agit de tester, l'**E**rgonomie, l'acceptabilité... du dispositif développé. A cette étape, l'échantillon est de petite taille.

- La phase III concerne l'impact sur la pratique **M**édicale ou **S**ociale et organisationnelle selon le but du dispositif. L'échantillon est alors de taille moyenne. A ce stade, il est nécessaire d'étudier à la fois le service rendu par la technologie, mais aussi l'intervention humaine associée à cette technologie. Cette étape de conceptualisation de l'intervention associée est trop souvent considérée comme allant de soi et mal prise en compte au moment de la conception, ce qui conduit à des technologies inutilisées faute d'adéquation aux acteurs et à leurs contextes réels de travail et de besoins.

© IRIT

- La phase IV concerne la capacité de diffusion à grande échelle du dispositif et concerne des échantillons de grande taille ; à noter cependant que l'étude de viabilité **E**conomique, nécessairement liée à cette phase, peut commencer dès la phase III.

Il transparait dans ce qui précède que les valeurs du domaine axiologique sont partiellement liées aux phases expérimentales : les évaluations technologique et ergonomique par exemple sont plus importantes en début de l'échelle des phases, dès la conception du prototype et durant la phase I, et se réalisent en laboratoire, tandis que l'évaluation des services rendus, médicaux ou sociaux selon l'étude, ne peut être conduite qu'avec la version stabilisée du dispositif aux points de vue technique et ergonomique, c'est-à-dire à partir de la phase II, et se réalisent préférentiellement en conditions écologiques.

Enfin, il faut insister sur la différence entre la conception et l'évaluation. La conception doit faire intervenir *toutes* les valeurs de la technologie. L'ergonomie par exemple ne devrait pas être considérée *après* les aspects purement techniques mais *avant*, ou au moins en même temps. Néanmoins, son évaluation ne survient qu'après celle des aspects techniques, en raison du fait qu'il faut d'abord disposer d'un objet fonctionnel et fiable (phase I) pour pouvoir en apprécier ses rapports à la personne humaine.

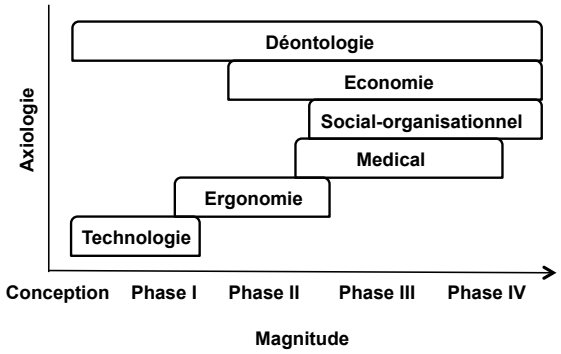


Figure I. Schéma général

2.4. Univers

L'une des grandes difficultés de l'évaluation des TSSDA se situe dans l'un des ses plus grands intérêts : sa multidisciplinarité. Les différents acteurs impliqués dans la conception viennent d'horizons aussi divers que les publics pressentis comme utilisateurs potentiels. Les objectifs de l'évaluation ont une signification différente en fonction de ces acteurs mais aussi en fonction de la temporalité de l'évaluation. En effet, les objectifs seront différents selon que l'on se place du côté des utilisateurs, des fournisseurs ou du dispositif lui-même, avant (ligne de base), pendant (phase de tests),

© IRIT

ou après (point final) la phase de conception. Trois univers d'évaluation peuvent alors être distingués (Tab. 1) : celui des utilisateurs, celui des fournisseurs et celui du produit en lui-même (Sablier *et al*, 2011).

Univers	**Acteurs concernés**	**Temps de l'évaluation : 1. Ligne de base, 2. Phase de tests, 3. Point final**
Utilisateurs	- Patient - Famille, proches - Professionnels du secteur médical et social	1. Attentes, besoins 2. Usages 3. Impacts, Satisfaction
Fournisseurs	- Industriels, Concepteurs, - Associations	1. Idées, Moyens 2. Conception 3. Impacts, bénéfices économiques
Dispositif	- Outil - Interventions associées	1. Prototype 2. Version évoluée 3. Version finale

Tableau 1. Univers de l'évaluation, acteurs et temporalité

2.5. Outils

Après le système de valeurs, la temporalité des expérimentations en vue d'une évaluation, les divers univers de personnes, se pose la question des outils méthodologiques spécifiques utilisables pour mettre en évidence une valeur précise à une étape donnée de l'évaluation. Ces outils sont offerts par la science dans sa diversité disciplinaire et dans son unité structurée par son fondement dans la vérité à partir de l'observation (Tab. 2) . Chaque outil de mesure validé par la voie scientifique peut s'ajouter au nombre des outils de l'approche TEMSED. Deux remarques s'imposent ici : a) TEMSED n'intervient pas dans la discrimination d'une mesure par rapport à une autre portant sur le même thème, étant donné que les recherches et le débat sur les mesures standardisées sont en constante évolution ; b) aucune mesure, si évoluée soit-elle, ne peut être considérée comme une certitude : elle n'apporte dans le meilleur des cas qu'une forte diminution de l'incertitude.

© IRIT

Dimensions	Thèmes	Exemples d'indicateurs	Outils de mesure
Technique	Performances, robustesse, fiabilité…	Qualité de transmission des données, performances et fiabilité du capteur, autonomie énergétique…	Mesure des performance normes, marquages CE…
Ergonomique	Relation utilisateur / dispositif T / S1	Capacité à utiliser l'équipement/service, nb de fonctions réellement utilisées, …	Tests-utilisateurs (standardisés, si possible)
Médical	Service Médical Rendu/ASMR	Impact sur la santé, l'autonomie de l'utilisateur (ex. diminution des chutes, des aides à dom), la qualité de vie	Échelles standardisées : Barthel, GDS, MMSE, DAD, POS, GRAPE…
Social, organisation	S/M à domicile, o. réseaux de santé, SAP…	Impact sur l'aménagement du territoire (isolement), maintien du lien social	SF-36, SMAF, ZARIT…
Économique	Rapport coût/bénéfice	Nb d'accidents, nb d'hospitalisations, ...	RUD, EQ5D, SF6D…
Déontologique	« ce qui doit être »	Transparence des informations, respect de la confidentialité, consentement, ...	Chartes, Droits de l'Homme Âgé…

Tableau 2. Des valeurs aux outils

3. Conclusion

Cet article avait pour but de présenter dans ses grandes lignes une approche pluridisciplinaire et multiaxiale de l'évaluation répondant à la nécessité de produire des indicateurs de valeur pour nombre d'acteurs, utilisateurs et décideurs dans le champ de la perte d'autonomie ou la vulnérabilité dues à la maladie chronique ou à la situation de handicap.

Cette approche s'enracine dans une réflexion sur la notion de valeur afin d'orienter le plus correctement possible les efforts d'évaluation, faisant ainsi de l'évaluation en elle-même une valeur cardinale particulièrement utile à la valorisation des produits de la recherche, ce que Nietzche célèbre en ces termes : « Évaluer, c'est créer : écoutez donc, vous qui êtes créateurs ! C'est l'évaluation qui fait des trésors et des joyaux de toutes choses évaluées. » (*Ainsi parlait Zarathoustra*).

Pour être vaste et méthodique, cette approche n'en est pas moins opposée aux dérives évaluatives qui se développent aujourd'hui, prétendant tout mesurer et noter, à des fins généralement liées à la compétition économique, sur les échelles standardisées et faisant ainsi de l'évaluation l'instrument d'une loi d'airain. La visée éthique

© IRIT

qui soutient l'ensemble de l'édifice TEMSED est là justement pour soutenir sans cesse la réflexion et rappeler cette évidence : il existe au cœur de l'action humaine, en particulier dans le domaine des fragilités liées à l'âge, des dimensions immesurables, de l'ordre de la responsabilité, de la compassion… pour lesquelles toute échelle de mesure apparaît dérisoire.

BIBLIOGRAPHIE

Ben-Ahmed L. 2012. Quelles valeurs pour s'orienter dans les questions éthiques des gérontechnologies In *Technologies et avancée en âge*, pp. 183-93 (Gérontologie et Société ; vol 41). Paris: Fondation Nationale de Gérontologie

Bernard J. 1990. *C'est de l'homme qu'il s'agit*. Paris: Seuil.

Carré M, ed. 2013. *Innover pour plus d'autonomie*. Paris: Médialis.

Dewey J. 1939. *Theory of Valuation*. Chicago: University of Chicago Press.

HCAAM. 2010. *avis du 22 avril 2010 "Vieillissement, longévité et assurance maladie - Constats et orientations"*. Paris: HCAAM (http://www.securite-sociale.fr/IMG/pdf/hcaam_avis_220410.pdf).

Hervé C. 2000. *Éthique, Politique et Santé: vers une politique de santé publique*. Paris: Presses Universitaires de France.

Piau A, Rialle V. 2012. Évaluation des technologies pour l'autonomie et la santé à domicile : complexité et exigence méthodologique. *Les Cahiers de l'Année Gérontologique* 4: 364-70

Quantin C, Allaert FA, Auverlot BA, Rialle V. 2012. Sécurité, aspects juridiques et éthiques des données de santé informatisées In *Informatique médicale, e-Santé - Fondements et applications*, ed. A Venot, A Burgun, C Quantin, pp. 265-305. Paris: Springer-Verlag

Ratte E, Imbaud D. 2011. *Accueil et accompagnement des personnes âgées en perte d'autonomie - Rapport du groupe n°3 sur la prise en charge de la dépendance*. Ministère des solidarités et de la cohésion sociale / La Documentation Française.

Rialle V. 2013. Les valeurs fondamentales qui sous-tendent la gérontechnologie : réflexion axiologique au service du mieux-vivre In *Innover pour plus d'autonomie : Grand âge, Technologies, Lieux de vie*, ed. M Carré. Paris: Médialis

Rialle V, Sablier J, Brissonneau C, Ollivet C. 2013. L'évaluation des gérontechnologies dans le champ Alzheimer : l'exemple emblématique de la géolocalisation In *Innover pour plus d'autonomie : Grand âge, Technologies, Lieux de vie*, ed. M Carré, pp. 128-42. Paris: Médialis

Rialle V, Vuillerme N. 2009. *Vers un modèle multicritère d'évaluation des technologies de télésanté et d'autonomie : enjeux, méthode et structure du modèle.* Presented at SFTAG '09: 1er Congrès de la Société Française

© IRIT

des Technologies pour l'Autonomie et de Gérontechnologie, Université Technologique de Troyes, 18-19 nov.

Rialle V, Vuillerme N, Franco A. 2010. Outline of a general framework for assessing e-health and gerontechnology applications: Axiological and diachronic dimensions. *Gerontechnology* 9: 245

Ricoeur P. 1990. *Soi-même comme un autre*. Paris: Le Seuil.

Sablier J, Rialle V, Fouquet Y, Daynes P, Chirié V, Vuillerme N. 2011. *Towards a general framework to assess and promote Technologies and Services for Age-ing, Health and Autonomy.* Presented at 15e Congrès de métrologie, 3-6 octobre, Paris, France

Scriven P. 1967. The methodology of evaluation In *Perspectives of Curriculum Evaluation*, ed. R Tyler, R Gagne, M Scriven, pp. 39-83. Chicago: Rand McNally

Venot A, Burgun A, Quentin C, eds. 2013. *Medical Informatics, e-Health: fundamentals and applications*. London: Springer-Verlag.

© IRIT

Modifications du fonctionnement cognitif au cours du vieillissement normal et de la maladie d'Alzheimer : Etudes cognitives et par imagerie cérébrale morphologique et fonctionnelle.

Béatrice Desgranges, Inserm, U1077, Université de Caen Basse-Normandie, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Caen

RÉSUMÉ : Le vieillissement normal s'accompagne d'un déclin de certaines fonctions cognitives, et ce déclin est lié, au moins en partie, à un déclin des fonctions exécutives. L'hypothèse frontale a été proposée pour rendre compte de ce phénomène. Des exemples sont pris dans les domaines de la mémoire épisodique, de la mémoire prospective et de la théorie de l'esprit. L'imagerie cérébrale apporte des arguments à cette hypothèse frontale en montrant que la diminution liée à l'âge du volume de substance grise et de la consommation cérébrale de glucose au repos prédomine dans cette partie du cerveau. Les travaux qui se sont focalisés sur la région hippocampique montrent des résultats plus controversés, la partie postérieure étant plus sensible aux effets de l'âge que la partie postérieure. Ces résultats sont très différents de ceux observés dans la maladie d'Alzheimer puisque les régions atteintes dans cette maladie (l'hippocampe sur le plan structural, le gyrus cingulaire postérieur sur le plan fonctionnel) sont les mieux préservées dans le vieillissement normal. Enfin, les études les plus récentes insistent sur la présence de mécanismes compensatoires aussi bien dans le vieillissement normal que dans les maladies neurodégénératives, mécanismes qui seraient essentiellement sous-tendus par des régions frontales.

Abstract: *Normal aging is mainly characterized by an impairment of strategic processes, both at encoding and retrieval stages, in accordance with the frontal hypothesis. Other examples are taken from the fields of prospective memory and theory of mind. Imaging studies have shown that the frontal cortex manifests the greatest deterioration, both structurally and functionally, while the anterior hippocampus and the posterior cingulate cortex are the least affected. This pattern appears to mark the parting of the ways between normal aging and Alzheimer's disease, which is characterized by early and prominent deterioration of both hippocampus and posterior cingulate cortex. Finally, although the deterioration of different brain regions seems to mediate episodic memory impairment, functional compensatory mechanisms may take place within the prefrontal cortex in both normal and pathological aging.*

© *IRIT*

1 Cognition et vieillissement normal

1.1 La mémoire épisodique

La mémoire épisodique permet d'enregistrer, de stocker et de récupérer des informations personnellement vécues situées dans leur contexte spatial et temporel d'acquisition (Desgranges et Eustache, 2011 ; Eustache et Desgranges, 2012). Elle est considérée comme le système le plus élaboré dans les principaux modèles de mémoire et celui qui se développe le plus tardivement à l'échelle ontogénétique et phylogénétique. Fonctionnellement dépendante des autres systèmes, elle est aussi la plus vulnérable à différentes pathologies ainsi qu'aux effets de l'âge. L'évaluation classique de la mémoire épisodique, à l'aide de tâches de rappel libre, rappel indicé et reconnaissance, met en évidence des diminutions de performances chez les sujets âgés par rapport aux jeunes, ces diminutions étant variables selon le type de tâches (Kalpouzos *et al.*, 2010, pour revue). De façon générale, la diminution est d'autant plus importante que le support environnemental est faible, c'est-à-dire lorsque les sujets doivent mettent en œuvre des processus auto-initiés (Isingrini et Taconnat, 2008). Ainsi la plupart des études concluent à une atteinte des performances en rappel libre et à une relative préservation des performances en reconnaissance avec l'âge. Toutefois des différences de performance peuvent être observées en reconnaissance dans certaines conditions par exemple si l'on prend en compte le nombre de fausses reconnaissances ou au-delà d'un certain âge (environ 70 ans). Au total, le déclin de la mémoire épisodique peut se manifester dans les différents types de mesure, mais l'effet de l'âge est plus important en rappel libre.

Ces diminutions ont été attribuées principalement à un défaut des stratégies mises en œuvre lors de l'encodage ou de la récupération. Selon la théorie de la profondeur de l'encodage, un encodage profond (sémantique) entraîne une trace mnésique plus efficace et plus durable qu'un encodage superficiel. Or, les sujets âgés présentent des difficultés à utiliser spontanément des stratégies de traitement sémantique au moment de l'encodage. Cette idée repose sur le fait que, face à une liste d'items à mémoriser, les regroupements sémantiques des sujets âgés sont de moins bonne qualité que ceux des jeunes. En outre, les tests de reconnaissance avec distracteurs sémantiques entraînent plus de fausses reconnaissances chez les sujets âgés que chez les jeunes, ce qui pourrait provenir d'un encodage insuffisamment précis et distinctif. L'encodage chez les sujets âgés se ferait à un niveau relativement global, leur permettant de rejeter des distracteurs non liés sémantiquement, alors que la possibilité de discriminer correctement des items proches sémantiquement exige un encodage plus élaboré et plus coûteux en ressources attentionnelles. Toutefois, des aides fournies par l'expérimentateur lors de l'encodage et/ou du rappel permettraient de réduire, voire d'éliminer les différences liées à l'âge. La compensation serait d'autant plus efficace que la consigne

© IRIT

demande explicitement un traitement sémantique. Cependant l'effet délétère de l'âge sur la récupération d'informations encodées après un traitement profond pourrait persister chez les sujets les plus âgés, comme le suggèrent les études ayant inclus un groupe de sujets d'âge intermédiaire (ou « moyen », c'est-à-dire d'une cinquantaine d'années) en plus des sujets jeunes et des sujets âgés classiquement comparés. Une étude réalisée dans notre laboratoire (Kalpouzos *et al.*, 2009a) montre en effet que la condition d'encodage profond permet de normaliser les performances de rappel des sujets d'âge moyen mais qu'en revanche les sujets âgés gardent des scores déficitaires. Par contraste, les performances de récupération des items encodés superficiellement (traitement perceptif) diminuent dès l'âge moyen. Au total, les sujets âgés semblent éprouver des difficultés à initier les stratégies d'encodage les plus adéquates, mais peuvent effectuer un encodage élaboré, pour autant que les conditions de l'expérience l'indiquent explicitement.

Un déclin des mécanismes de récupération a également été incriminé. L'argument principal provient du fait que les difficultés des sujets âgés sont plus importantes en rappel libre qu'en reconnaissance. L'accent est généralement mis sur les difficultés dans la mise en œuvre de stratégies efficaces de récupération. Le rappel libre est en effet la tâche qui nécessite le plus le recours à des processus auto-initiés. L'interprétation classique de troubles prépondérants du rappel libre par rapport à la reconnaissance est cependant à considérer avec précaution. En effet, la complexité de ces deux types de tâches est souvent inégale, la reconnaissance étant généralement plus facile que le rappel libre et suscitant souvent des effets « plafond » chez les sujets jeunes, masquant d'éventuelles différences entre les groupes.

Par ailleurs, ce profil de performance (rappel libre perturbé et reconnaissance préservée) pourrait provenir d'un encodage insuffisant, avec une trace mnésique trop peu distinctive pour être réactivée lors du rappel libre, mais suffisante pour la reconnaissance. En effet, la récupération peut s'appuyer soit sur des processus automatiques et rapides, soit sur des processus contrôlés. Dans le premier cas, elle aboutit à un sentiment de familiarité qui suffit dans la situation de reconnaissance, tandis qu'en rappel libre, les réponses correctes sont moins nombreuses et assorties de jugements de type « savoir ». Il s'agit d'une récupération de l'information mais non de son contexte spatio-temporel. Le sujet « sait » que l'item faisait partie de la liste d'étude ou qu'il connaît l'information mais il ne peut fournir les détails du contexte d'acquisition. Au contraire, les processus contrôlés permettent de récupérer l'information et son contexte, le sujet ayant le sentiment de « se souvenir » et pas seulement de « savoir ». Cette distinction entre les processus automatiques et contrôlés de récupération peut se faire à l'aide d'un paradigme où le sujet assortit ses productions en rappel d'un jugement de type « je me souviens » ou « je sais ». Dans le vieillissement normal, les réponses « se souvenir » diminuent avec l'âge, contrairement aux réponses « savoir »

© IRIT

qui sont soit stables soit en augmentation avec l'âge, peut-être pour compenser la diminution des premières. Ainsi, les effets de l'âge affectent les processus de récupération contrôlée, mais non les processus de récupération plus automatiques, basés sur le sentiment de familiarité.

1.2 La mémoire prospective

Cette mémoire, qui permet de se souvenir des activités à effectuer, est très importante dans la vie quotidienne et souvent négligée dans les évaluations de laboratoire (Gonneaud *et al.*, 2009 ; Lecouvey *et al.*, 2012). Elle comporte les phases classiques d'encodage, de stockage et de récupération de l'information. La phase d'encodage correspond à la formation de l'intention de l'action et à l'encodage du moment où celle-ci doit être réalisée. L'encodage s'effectue toujours de façon intentionnelle. La phase de rétention ou de stockage couvre le délai qui sépare la formation de l'intention et la réalisation de l'action. Ensuite, la récupération se traduit par le rappel de l'intention et son exécution. Enfin, l'étape de vérification/suppression permet de vérifier, de se souvenir, que l'action a été effectuée et de prévenir une éventuelle répétition de celle-ci. Une tâche de mémoire prospective comporte deux composantes, l'une prospective (se souvenir qu'une tâche doit être effectuée, par exemple faire des courses), l'autre rétrospective (se souvenir du contenu de cette tâche, par exemple, des articles précis à acheter). La situation expérimentale classique permettant d'évaluer la mémoire prospective consiste à demander au sujet d'effectuer une action (par exemple, appuyer sur un bouton) à chaque fois qu'un indice (par exemple, l'image d'un animal) apparaîtra dans une série d'images ou après un certain délai (par exemple, toutes les 10 minutes), et ceci tout en réalisant une autre tâche, dite tâche primaire (par exemple, de dénomination de l'ensemble des images). Selon la nature de la récupération, la mémoire prospective est de type *event-based,* quand un indice externe induit la récupération ou de type *time-based*, quand la récupération est basée sur l'estimation et le contrôle du temps. Ainsi, la récupération doit avoir lieu soit à un moment précis, soit dans un intervalle de temps précis. Les processus de rappel sont alors auto-initiés, c'est-à-dire mis en place par l'individu lui-même.

Dans le vieillissement normal, l'effet de l'âge semble plus marqué pour les tâches *time-based*, qui solliciteraient plus de processus auto-initiés que les tâches *event-based*. Cependant les tâches sont souvent de complexité différente et, de ce fait, difficilement comparables. Par ailleurs, des liens ont été mis en évidence entre la mémoire prospective et le fonctionnement exécutif, la mémoire de travail, la vitesse de traitement et la mémoire épisodique rétrospective. Nous avons une étude dont l'objectif était d'examiner les modifications liées à l'âge dans des tâches de mémoire prospective *event-based* et *time-based*, ainsi que d'établir les liens entre ces performances et

© IRIT

celles obtenues à des tâches exécutives (Gonneaud *et al.*, 2011). Après avoir mis en évidence des performances diminuées avec l'âge dans les deux tâches de mémoire prospective, nous avons montré des corrélations significatives avec des scores d'inhibition, d'une part et des scores de *binding,* ou capacité associative, assurée par le buffer épisodique, composante de la mémoire de travail, d'autre part. Ces deux fonctions cognitives étant sensibles aux effets de l'âge, leur diminution pourrait retentir sur le fonctionnement de la mémoire prospective.

1.3 La théorie de l'esprit

La théorie de l'esprit correspond à la capacité à inférer des états mentaux à autrui, comme des croyances, des désirs, ou des intentions (Duval *et al.*, 2011a). Elle permet ainsi d'interpréter, de prédire et d'anticiper les comportements et s'avère indispensable à la régulation des interactions sociales. Cette aptitude cognitive de haut niveau implique des processus de décodage et de raisonnement sur des états mentaux cognitifs ou affectifs, de premier (« je pense que… ») ou de deuxième (« je pense qu'il pense que… ») ordre. La plupart des travaux sur le vieillissement tendent à montrer une diminution de cette capacité avec l'âge, mais les liens avec les fonctions exécutives sont souvent invoqués pour expliquer le déclin de performances lié à l'âge. Ainsi, nous avons réalisé une évaluation extensive de cette capacité cognitive de haut niveau chez 70 sujets sains d'âge différent (Duval *et al.*, 2011b), en distinguant la théorie de l'esprit cognitive et la théorie de l'esprit affective. La première était évaluée avec le test d'attribution d'intentions de Brunet et collaborateurs, ainsi qu'avec un test original de fausses-croyances (Desgranges *et al.*, 2012 ; cf. figure 1). La seconde était évaluée avec le test des yeux adapté de Baron-Cohen et collaborateurs. Les résultats de cette étude ont révélé un effet significatif de l'âge sur les deux dimensions, mais l'effet direct de l'âge n'est apparu que sur la théorie de l'esprit cognitive de 2ème ordre, et un effet indirect, médié par les fonctions exécutives, a été mis en évidence sur la théorie de l'esprit cognitive de 1er ordre. Aucun effet direct de l'âge n'a été observé sur la théorie de l'esprit affective. Dans l'ensemble, cette étude atteste d'un impact négatif de l'âge sur la théorie de l'esprit et confirme l'impact des fonctions exécutives sur cette capacité cognitive.

© IRIT

A. Exemple de fausse croyance de 1er ordre

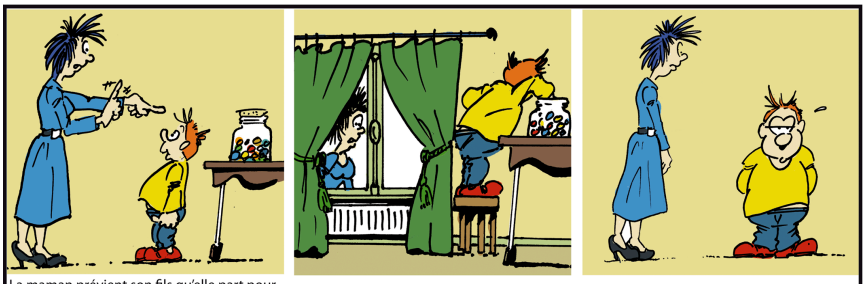
Maxime range son chocolat dans le placard vert avant d'aller jouer dehors

Quand Maxime est sorti, sa mère déplace le chocolat et le range dans le placard bleu

Maxime rentre à la maison pour goûter

Condition expérimentale	Condition contrôle
Maxime va-t-il aller chercher son chocolat ? - dans le placard bleu - dans le placard vert	Où se trouve le chocolat de Maxime ? - dans le placard bleu - dans le placard vert

B. Exemple de fausse croyance de 2ème ordre



La maman prévient son fils qu'elle part pour le travail et qu'il ne doit pas prendre de bonbons pendant son absence

Après être sortie, la maman voit son fils par la fenêtre

Lorsque la maman revient, le fils a caché les bonbons dans sa poche.

Condition expérimentale	Condition contrôle
Si on demande au fils si sa mère sait qu'il a pris des bonbons, que va-t-il répondre ? - oui - non	Le fils a t-il été obéissant ? - oui - non

Figure 1 : Exemples d'histoires basées sur le paradigme de fausse croyance de premier ordre et de deuxième ordre ; histoires extraites de la TOM-15

© IRIT

2 Modifications cérébrales dans le vieillissement normal

Les études portant sur les modifications cérébrales morphologiques liées à l'âge convergent vers l'altération préférentielle du cortex préfrontal (Kalpouzos *et al.*, 2009b, pour revue) et fournissent ainsi des arguments en faveur de l'hypothèse frontale. L'hippocampe a également fait l'objet de nombreuses recherches dans ce domaine, mais les résultats sont divergents, certaines études montrant une atrophie, d'ampleur variable, de cette région, d'autres concluant au contraire à une relative préservation (Desgranges *et al.*, 2008, pour revue). L'étendue d'âge des sujets sélectionnés peut, au moins en partie, expliquer ces divergences, puisque lorsque l'échantillon s'étend sur une large tranche d'âge, les résultats sont plutôt en faveur d'une préservation tandis que les études n'ayant couvert qu'une partie de la vie, notamment en n'ayant inclus que des sujets de plus de 50 ou 60 ans, concluent plus volontiers à une atrophie de l'hippocampe. Ces résultats suggèrent que l'atrophie de l'hippocampe due à l'âge ne serait pas linéaire et qu'elle ne débuterait qu'après l'âge de 50 ou 60 ans. Quoiqu'il en soit, lorsqu'une atrophie de la région hippocampique est mise en évidence chez des sujets sains âgés par rapport aux jeunes, cette atrophie est moins importante que celle qui touche le cortex frontal. Les effets de l'âge sur les autres structures cérébrales sont moins clairs, même si l'atteinte du néocortex pariétal semble de plus en plus admise, en parallèle sans doute avec l'intérêt que suscite le rôle de cette structure dans le fonctionnement cognitif, en particulier mnésique.

Sur le plan fonctionnel, la plupart des études ont utilisé une approche voxel par voxel, permettant par conséquent l'examen de tout le cerveau. Elles sont en accord pour conclure à un hypométabolisme des régions antérieures (cortex frontal et gyrus cingulaire antérieur) du cerveau avec l'âge, rejoignant ainsi les données des études morphologiques. Là encore, les données sont plus confuses concernant les autres régions du cerveau.

Ainsi, la plupart des études se sont focalisées sur la mise en évidence des altérations cérébrales liées à l'âge, ne parvenant à montrer de façon consensuelle que l'atteinte à la fois morphologique et fonctionnelle du cortex frontal. Très peu d'études se sont intéressées aux structures cérébrales qui résistent le mieux aux effets de l'âge. L'étude que nous avons réalisée dans notre laboratoire avait pour objectif d'établir le profil le plus complet possible des modifications structurales et fonctionnelles liées à l'âge, avec une analyse objective de l'ensemble du cerveau, et ceci à la fois en IRM et en TEP avec du fluoro-déoxyglucose (TEP-FDG) au repos chez 45 sujets sains âgés de 20 à 83 ans (Kalpouzos *et al.*, 2009b). Des corrélations négatives et positives entre les données d'imagerie et l'âge ont été réalisées afin de mettre en évidence les régions les plus détériorées et les régions les mieux préservées. Les plus détériorées sur le plan morphologique sont les cortex frontal et pariétal, ainsi que la partie caudale des

© IRIT

régions hippocampiques. Les régions les mieux préservées sont la partie rostrale des régions hippocampiques et le thalamus, notamment les noyaux latéraux. Les divergences observées dans la littérature quant à l'évolution avec l'âge du volume hippocampique pourraient s'expliquer au moins en partie par le fait que cette structure ne se comporte pas de façon homogène. Au niveau fonctionnel, les cortex frontal et pariétal sont les plus sensibles aux effets de l'âge, tandis que les régions hippocampiques sont préservées, ainsi que le thalamus, le putamen, le pallidum et le cortex cingulaire postérieur. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse développementale selon laquelle les premières régions cérébrales qui se développent sont les plus résistantes aux effets du vieillissement, et les régions qui se développent en dernier sont les plus fragiles.

3. Substrats cérébraux du déclin de la mémoire épisodique dans le vieillissement normal : de HERA à HAROLD

Les travaux réalisés chez les sujets sains jeunes ont conduit à l'élaboration du modèle HERA (Hemispheric Encoding Retrieval Asymmetry), selon lequel le cortex préfrontal gauche est préférentiellement impliqué dans l'encodage des informations en mémoire épisodique et son homologue droit, dans leur récupération (Tulving *et al.*, 1994). Ce modèle, malgré les critiques, reste d'actualité, sauf lorsqu'il s'agit du vieillissement. En effet, de nombreuses études ont mis en évidence, chez les sujets âgés, des activations frontales plus importantes dans les aires frontales droites, lors de l'encodage et gauches, lors de la récupération en mémoire épisodique, conduisant à une réduction de l'asymétrie hémisphérique et à l'élaboration du modèle HAROLD (Cabeza, 2002). Ce modèle s'applique également à d'autres systèmes de mémoire que la mémoire épisodique et à d'autres domaines cognitifs, comme la mémoire de travail, la mémoire sémantique, la perception et l'inhibition.

Deux explications ont été proposées pour rendre compte de ce phénomène : l'hypothèse de la compensation et celle de la dédifférenciation. Selon l'hypothèse de la compensation, qui implique que les performances des sujets soient améliorées en cas d'activation bilatérale plutôt qu'unilatérale, ce phénomène pourrait intervenir dans le but de contrer le déclin neurocognitif lié à l'âge. Selon l'hypothèse de la dédifférenciation, cette réduction de l'asymétrie reflèterait les difficultés à recruter les mécanismes neuraux spécifiques. Cette hypothèse, plus négative, suggère que la réduction de l'asymétrie hémisphérique serait un effet de l'âge sans aucune fonction. Elle s'appuie sur des résultats cognitifs montrant qu'avec le vieillissement, les corrélations ont tendance à augmenter entre différentes mesures cognitives et sensorielles, suggérant une diminution de la spécificité des processus. Cabeza *et al.* (2002) ont testé

© IRIT

l'hypothèse de la compensation et celle de la dédifférenciation, en comparant l'activité cérébrale de sujets jeunes, de sujets âgés présentant les mêmes performances que les jeunes, et de sujets âgés présentant des scores inférieurs à une tâche de récupération de la source en mémoire épisodique. Chez les sujets jeunes, seul le cortex préfrontal droit est activé, en accord avec le modèle HERA. L'activation bilatérale s'observe uniquement chez les sujets âgés présentant des performances similaires aux sujets jeunes, favorisant ainsi l'hypothèse de la compensation. En réalité, les deux hypothèses ne sont pas exclusives. Il est en effet possible que les modifications physiologiques du cerveau qui accompagnent le vieillissement provoquent une désorganisation neurocognitive, avec diminution de la spécificité des réseaux neuronaux, et mise en jeu de réseaux supplémentaires, potentiellement efficaces. Les processus compensatoires et les mécanismes neurocognitifs déficitaires pourraient d'ailleurs être sous-tendus par des parties différentes du cortex frontal.

La modification des profils d'activation chez les sujets âgés comparativement aux jeunes ne se limite pas à des activations supplémentaires du cortex frontal. En effet, de longue date, une diminution des activations corticales postérieures a également été mise en évidence et la conjonction des deux phénomènes a conduit à l'élaboration récente d'un autre modèle, dénommé PASA, pour Posterior-Anterior Shift in Aging (Davis *et al.*, 2008).

4 Contraste entre vieillissement normal et maladie d'Alzheimer

Sur le plan cognitif, la comparaison des effets de l'âge et de la maladie d'Alzheimer sur le fonctionnement de la mémoire épisodique montre que certains processus sont altérés dans les deux cas, mais de façon plus importante dans la maladie d'Alzheimer, tandis que d'autres sont sélectivement atteints dans la maladie d'Alzheimer. Ainsi, s'il existe des perturbations de la récupération contrôlée dans le vieillissement normal et dans la maladie d'Alzheimer, plus importantes chez les patients, les troubles de l'encodage sont une caractéristique relativement spécifique de la pathologie.

Sur le plan cérébral, le profil des modifications cérébrales survenant avec l'âge se distingue nettement du profil de la maladie d'Alzheimer caractérisé par une atrophie de l'hippocampe et un hypométabolisme du cortex cingulaire postérieur (Desgranges *et al.*, 2004, pour revue), deux structures préservées dans le vieillissement normal, excepté la partie caudale de l'hippocampe sur le plan morphologique (cf. figure 2). De façon intéressante, dans la maladie d'Alzheimer, c'est la partie antérieure qui est affectée en priorité (Chételat *et al.*, 2008). A l'inverse, tandis que le cortex frontal est le plus sensible aux effets de l'âge, la maladie d'Alzheimer n'affecte cette région qu'à

© IRIT

un stade modéré de la maladie. L'imagerie cérébrale en activation a permis d'éclairer les substrats cérébraux des dysfonctionnements mnésiques associés à la MA. Lors de la réalisation de tâches de mémoire épisodique, des hypoactivations de l'hippocampe ont régulièrement été mises en évidence, tandis que les régions frontales sont souvent le siège d'hyperactivations (Bejanin *et al.*, 2010, pour revue). La notion de mécanismes compensatoires a été proposée dès les premières études pour rendre compte de ces augmentations d'activation et cette hypothèse a été par la suite confirmée par l'existence de corrélations significatives entre les activations frontales et les performances mnésiques (Rémy *et al.*, 2005).

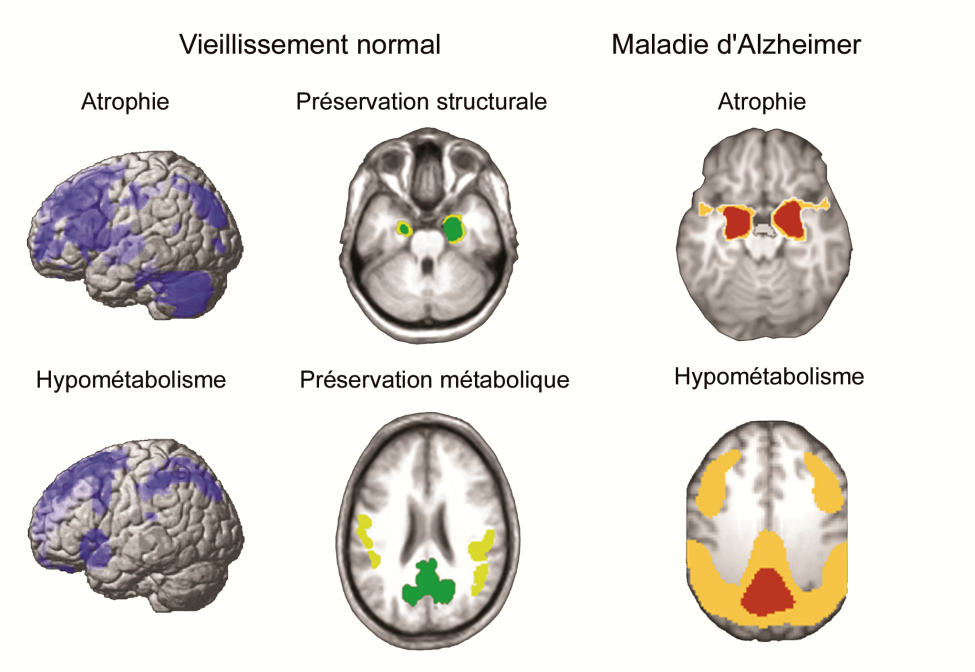


Figure 2 : Contrastes entre le vieillissement normal et la maladie d'Alzheimer.

L'hippocampe et le cortex cingulaire sont préservés dans le vieillissement normal et altérés dans la maladie d'Alzheimer.

© IRIT

5. Conclusion

Les différences entre vieillissement normal et maladie d'Alzheimer sont non seulement d'ordre quantitatif mais également d'ordre qualitatif et existent tant sur le plan cognitif que cérébral. Par ailleurs, si la diminution avec l'âge de certaines performances ne fait pas de doute, il faut souligner que le vieillissement normal n'est pas synonyme de déficit, une idée importante pour les sujets âgés, mais aussi pour les chercheurs dont la conception préalable peut être la source de biais. Aujourd'hui, nombre d'études insistent au contraire sur les capacités qui se maintiennent avec l'âge ou qui se modifient de façon positive, conduisant ainsi au concept de vieillissement réussi. Enfin, tant dans le vieillissement normal que dans la maladie d'Alzheimer, il est nécessaire de mieux comprendre les mécanismes de compensation, qui semblent dépendre de la réserve cognitive, fondée sur des caractéristiques génétiques mais aussi forgée tout au long de la vie (Kalpouzos *et al.*, 2008).

Références

Bejanin, A., Villain, N., Viard, A., Laisney, M., Eustache, F., & Desgranges, B. (2010). Imagerie fonctionnelle de la mémoire aux stades précoces de la maladie d'Alzheimer : dysfonctionnements et mécanismes compensatoires. Revue de Neuropsychologie, 2, 145-156.

Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. Psychology and aging, 17, 85-100.

Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. NeuroImage, 17, 1394-1402.

Chételat, G., Fouquet, M., Kalpouzos, G., Denghien, I., de La Sayette, V., Viader, F. et al. (2008). Three-dimensional surface mapping of hippocampal atrophy progression from MCI to AD and over normal aging as assessed using voxel-based morphometry. Neuropsychologia, 46, 1721-1731.

Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que PASA? The posterior-anterior shift in aging. Cerebral cortex, 18, 1201-1209.

Desgranges, B. & Eustache, F. (2011). Les conceptions de la mémoire déclarative d'Endel Tulving et leurs conséquences actuelles. Revue de Neuropsychologie, 3, 94-103.

Desgranges B, Kalpouzos G, & Eustache F. Imagerie cérébrale du vieillissement normal : Contraste avec la maladie d'Alzheimer. Rev. Neurol. *(Paris)* 2008; 164 : S102-107.

© IRIT

Desgranges, B., Chételat, G., & Eustache, F. Substrats cérébraux des troubles de la mémoire épisodique dans la maladie d'Alzheimer. Rev. Neurol. *(Paris)* 2004 ; 160 : S44-54.

Desgranges B, Laisney M, Bon L, Duval C, Mondou A, Bejanin A, Fliss R, Beaunieux H, Eustache F (2012). TOM-15 : Une épreuve de fausses croyances pour évaluer la théorie de l'esprit cognitive. Rev Neuropsychol 4 : 216-20.

Duval, C., Piolino, P., Bejanin, A., Laisney, M., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011a). La théorie de l'esprit : aspects conceptuels, évaluation et effets de l'âge. Revue de Neuropsychologie, 3, 94-103.

Duval, C., Piolino, P., Bejanin, A., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011b). Age effects on different components of theory of mind. Consciousness and cognition, 20, 627-642.

Eustache, F. & Desgranges, B. (2012). Les chemins de la mémoire. Paris: Inserm / le Pommier.

Gonneaud, J., Eustache, F., & Desgranges, B. (2009). La mémoire prospective dans le vieillissement normal et la maladie d'Alzheimer : intérêts et limites des études actuelles. Revue de Neuropsychologie, 1, 238-246.

Gonneaud, J., Kalpouzos, G., Bon, L., Viader, F., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011). Distinct and shared cognitive functions mediate event- and time-based prospective memory impairment in normal ageing. Memory, 19, 360-377.

Isingrini, M. & Taconnat, L. Mémoire épisodique, fonctionnement frontal et vieillissement. Rev Neurol (Paris) 2008; 164 : S91-95.

Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). Réserve cognitive et fonctionnement cérébral au cours du vieillissement normal et de la maladie d'Alzheimer. Psychologie & neuropsychiatrie du vieillissement, 6, 97-105.

Kalpouzos, G., Chételat, G., Baron, J. C., Landeau, B., Mevel, K., Godeau, C. et al. (2009b). Voxel-based mapping of brain gray matter volume and glucose metabolism profiles in normal aging. Neurobiology of aging, 30, 112-124.

Kalpouzos, G., Chételat, G., Landeau, B., Clochon, P., Viader, F., Eustache, F. et al. (2009a). Structural and metabolic correlates of episodic memory in relation to the depth of encoding in normal aging. Journal of cognitive neuroscience, 21, 372-389.

Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2010). Substrats cérébraux du déclin de la mémoire épisodique : contrastes entre vieillissement normal et maladie d'Alzheimer. Revue de Neuropsychologie, 2, 114-123.

Lecouvey L., Gonneaud J., Eustache F., & Desgranges B (2012). Les apports de la réalité virtuelle en neuropsychologie : l'exemple de la mémoire prospective. Revue de Neuropsychologie, 4, 267-276.

Rémy, F., Mirrashed, F., Campbell, B., & Richter, W. (2005). Verbal episodic memory impairment in Alzheimer's disease: a combined structural and functional MRI study. Neuroimage 25, 253-266.

© IRIT

Tulving E, Kapur S, Craik FI et al. Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: positron emission tomography findings (1994). Proc Natl Acad Sci USA ; 91 : 2016-20.

© IRIT

Perception des objets et des scènes au cours du vieillissement sain et de la MA

▶ Florence Rémy (Centre de Recherche Cerveau et Cognition (CerCo), CNRS – Université Paul Sabatier)

■ RÉSUMÉ • Les tâches visuelles « haut-niveau », telle que la reconnaissance d'objets ou de scènes de notre environnement, impliquent les régions temporales médianes. Le but de ce travail est de déterminer d'éventuels déficits de vision « haut-niveau » chez les sujets âgés et patients souffrant de MA au stade précoce. Nos premiers résultats montrent que la reconnaissance d'objets est altérée chez le sujet âgé, en particulier quand l'objet est présenté en contexte incongruent. Chez les patients, la reconnaissance d'objets est également altérée, certains patients présentant des temps de réaction très courts associés à un fort taux d'erreurs, et d'autres présentant peu d'erreurs mais des temps de réaction très ralentis. Ces déficits pourraient être reliés à une hypo-activité des régions temporales médianes.

■ MOTS-CLÉS • MA précoce, vieillissement sain, vision, scènes naturelles, catégorisation d'objets, congruence objet/contexte.

■ *ABSTRACT • « High-level » visual tasks, such as object or scene recognition, involve medial temporal regions. The objective of this work is to characterize potential « high-level » visual deficits in elderly subjects and mild AD patients. Our first results show that object recognition is altered in elderly subjects, especially when the object is presented in an incongruent context. In mild AD patients, object recognition is also altered, with some patients evidencing very short reaction times together with high error rates, and other patients evidencing few errors but increased reaction times. These deficits could be related to hypo-activity in medial temporal regions during « high-level » visual tasks.*

■ *KEYWORDS • mild AD, healthy aging, vision, natural scenes, object categorization, object/context congruence.*

La perception visuelle de notre environnement conditionne notre adaptation et notre interaction avec celui-ci. En particulier, la réalisation de nombreuses tâches quotidiennes dépend d'une détection, d'une recherche ou d'une reconnaissance rapide et précise des différents objets et lieux qui nous entourent. Ainsi, un déficit de perception et de reconnaissance du milieu environnant peut impacter sur la qualité de vie et l'autonomie des personnes.

La perception visuelle est généralement testée à deux niveaux : un « bas niveau » permet par exemple de quantifier l'acuité visuelle, la vision des contrastes ou des couleurs chez un sujet. A plus « haut niveau », c'est la recherche visuelle de cibles, la discrimination, la catégorisation ou la reconnaissance de stimuli qui peuvent être testées. Des troubles de la perception visuelle « bas niveau » apparaissent au cours du vieillissement sain : on observe entre autres une diminution de l'acuité visuelle et de la vision des contrastes spécifiquement pour les détails fins (hautes fréquences spatiales) (Owsley, 2011). Chez les patients souffrant de MA, des troubles « bas niveau » apparaissent également, que l'on peut distinguer de ceux présents chez le sujets âgés sains. En particulier, la vision des contrastes est déficitaire plus spécifiquement pour les grandes lignes des scènes visuelles (basses fréquences spatiales) et la vision des couleurs est également altérée (Cronin-Golomb, 1995). Ces troubles « bas niveau » influent très probablement sur la perception visuelle « haut niveau », mais des mécanismes neuronaux plus intégrés peuvent également être déficitaires et altérer la reconnaissance des stimuli présents dans l'environnement (Anstey *et al.*, 2002). Il est important de caractériser ces déficits de perception « haut niveau », ainsi que les mécanismes neuronaux sous-jacents, afin de comprendre les difficultés quotidiennes que peuvent rencontrer sujets âgés et patients.

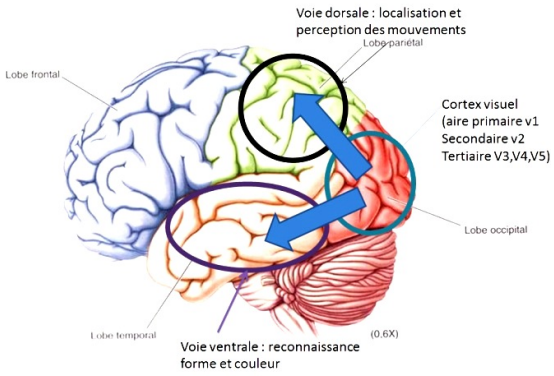


Figure 1 • voies visuelles ventrale et dorsale

© IRIT

Le traitement de notre environnement visuel repose sur deux voies neuronales distinctes fonctionnant en parallèle : voies dorsale et ventrale (cf. fig1). La voie dorsale, du cortex visuel occipital jusqu'au cortex pariétal, est impliquée dans le traitement visuo-spatial et visuo-temporel de la scène, c'est-à-dire la localisation de stimuli dans l'espace et la perception du mouvement. La voie ventrale, du cortex occipital jusqu'au cortex temporal, est impliquée dans la reconnaissance des stimuli visuels. Pour parvenir à cette reconnaissance, le traitement des informations « bas niveau » de la scène visuelle (telles que fréquences spatiales, orientations, contrastes, couleurs) est assuré par les aires plus postérieures (occipitales) de la voie dorsale. Puis un traitement « haut niveau » plus intégré se fait dans les aires plus antérieures (occipito-temporales) de cette même voie. Par exemple, les formes générales des objets ou les grandes lignes des scènes sont traitées dans ces aires. Les lobes temporaux médians (LTM, structures hippocampiques et sous-hippocampiques) sont considérés comme faisant partie de la voie dorsale dans sa portion la plus antérieure. Par exemple, une aire située dans la partie postérieure du cortex parahippocampique est systématiquement activée lors de la vision de contextes (paysages naturels, scènes urbaines d'intérieur ou d'extérieur) (Epstein et Kanwisher, 1998). Les LTM sont le siège des premières dégénérescences neurofibrillaires et pertes neuronales dans la MA. Le rôle des LTM dans la perception visuelle de haut niveau laisse supposer que les patients souffrant de MA pourraient présenter, en plus des déficits mnésiques, des déficits d'encodage et/ou de reconnaissance de stimuli visuels, et ce à des stades précoces de la maladie.

Nos expériences réalisées au CerCo utilisent des stimuli de type « scènes naturelles », où une scène désigne un objet collé dans un contexte. Les objets et contextes sont issus de banque de données de photographies en couleur. Deux catégories d'objets sont utilisées : les animaux et les meubles. Ces catégories ont été choisies pour la diversité de leurs exemplaires et pour leur forte association avec des contextes particuliers. Les objets « animaux » sont de par notre expérience associés aux paysages naturels (on se limite aux animaux non domestiques). Les objets « meubles » sont naturellement associés aux scènes d'intérieur. Pour la création des scènes, des paires d'objets animal/meuble ont été associées à des paires de contextes paysage/scène d'intérieur. La combinaison de ces paires a permis la création de scènes congruentes et incongruentes (cf. exemple fig.2). Certains indices « bas niveau » (luminance, contraste objet/contexte, taille et position de l'objet) ont été égalisés entre scènes.

© IRIT

Figure 2 • scènes naturelles congruentes et incongruentes

La manipulation de l'association objet/contexte dans nos stimuli a pour but de cibler l'implication de certaines régions des LTM au cours du traitement visuel le long de la voie ventrale. En effet, plusieurs études de neuroimagerie (chez des sujets jeunes) ont montré que le traitement du lien entre objet et contexte ou entre groupes d'objets dans une scène naturelle pourrait mettre en jeu les parties antérieures de l'hippocampe et du cortex parahippocampique (Goh *et al.*, 2004, Aminoff *et al.*, 2007). De plus, nos études précédentes ont montré que le traitement d'une association incongruente entre objet et contexte induit une hyperactivité du cortex parahippocampique antérieur. Cette hyperactivité pourrait être reliée au traitement d'une nouvelle association visuelle objet/contexte (non expérimentée précédemment dans notre environnement naturel) et à l'encodage de cette association. Notre but est donc de caractériser ce traitement et d'identifier d'éventuels déficits chez les sujets âgés et patients.

Des expériences de psychophysique ont été réalisées sur sujets sains (97 sujets répartis en 4 groupes d'âge : 20-30, 45-55, 60-75 et > 75 ans) et sur patients atteints de MA débutante (13 sujets, stage pré-démentiel ou stade léger, âge > 60 ans, MMSE > 20). Les sujets devaient effectuer une catégorisation rapide de l'objet dans la scène (10 séries de 40 essais). Les scènes étaient présentées pendant 100 ms, toutes les 3 s. La catégorisation était à « choix forcé », c'est-à-dire que les sujets devaient appuyer sur un bouton pour un objet « animal » et sur un autre bouton pour un objet « meuble ». Pour chaque sujet, la précision (pourcentage de bonnes réponses) et le temps de réaction (TR) moyen sont déterminés.

© IRIT

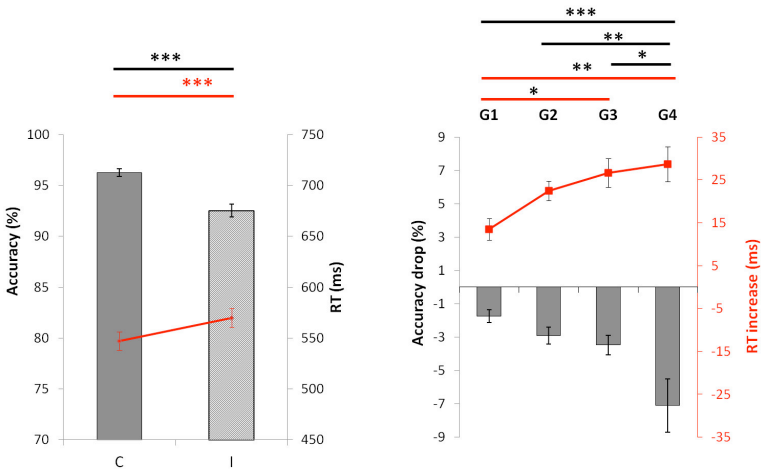


Figure 3 • performances globales sur scènes congruentes et incongruentes (à gauche) et effet de congruence (diminution de précision et augmentation du TR) en moyenne sur les 4 groupes d'âge (à droite)

Cette tâche de catégorisation rapide d'objets a été facilement réalisable par tous les sujets : les sujets de plus de 75 ans ont eu une précision moyenne de 90.5±1.4 %. Dans tous les groupes d'âge, les sujets ont été moins précis et moins rapides quand la scène était incongruente (fig.3 partie gauche). Nous définissons l'effet de congruence sur la catégorisation de l'objet comme la différence de performance (en précision et TR) entre les conditions incongruentes et congruentes. Chez la très grande majorité des sujets testés, la condition incongruente entraîne à la fois une baisse de précision et une augmentation du TR, par rapport à la condition congruente. De plus chez les sujets sains, on observe une augmentation de l'effet de congruence avec l'âge (fig.3 partie droite).

Tous les patients ont effectué au minimum 5 séries de 40 essais sur la tâche de catégorisation rapide (4 patients sur 13 ont pu faire la totalité des 10 séries). Cette tâche a été relativement facile : la précision moyenne était de 84.9 % (min. 75.1 %, max 95.4% de bonnes réponses). Les performances des patients ont été comparées à des sujets contrôles sains appariés en âge et sexe. Les patients ont une baisse de précision par rapport aux contrôles, les TR étant équivalents entre les 2 groupes (fig.4 partie haute). En représentant pour chaque sujet la précision en fonction du TR moyen sur la tâche, on observe une dissociation entre sujets sains et patients, mais pas de dissociation entre patients au stade pré-démentiel et au stade léger (fig.4 partie basse).

© IRIT

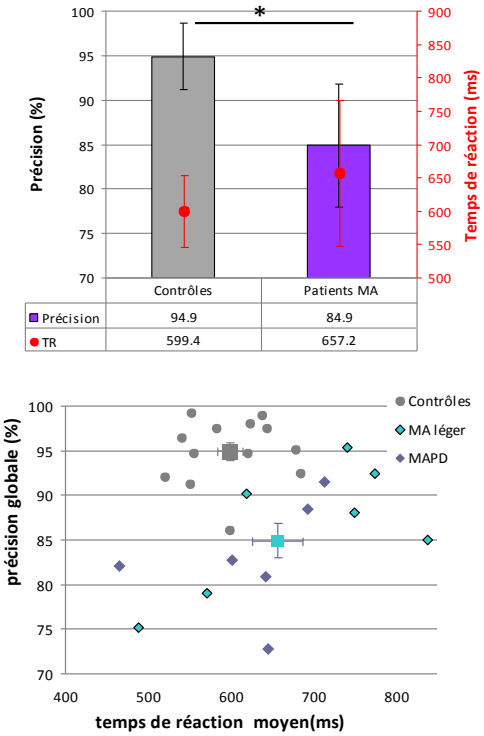


Figure 4 • performances des patients et contrôles appariés

L'effet de congruence n'était pas significativement différent entre patients et contrôles. Cependant, on observe dans le groupe de patients une forte corrélation entre la précision des réponses aux scènes incongruentes et le TR moyen (R2 = 0.47). Cette corrélation n'est pas trouvée pour les scènes congruentes chez les patients, ou pour les deux types de scènes chez les sujets contrôles.

Au cours du vieillissement sain, l'augmentation de l'effet de congruence pourrait être reliée à une difficulté avec l'âge à traiter de nouvelles associations contextuelles (incongruentes), qui n'ont pas déjà été encodées dans le système visuel. A l'inverse, on peut supposer que les associations objet/contexte congruentes sont rapidement traitées car déjà expérimentées dans l'environnement quotidien et donc déjà encodées. Il est possible qu'une plus grande expérience de ces associations liée à l'âge facilite la catégorisation de l'objet en contexte congruent de façon plus importante que chez les sujets jeunes. Chez les patients atteints de MA, l'encodage de nouvelles associations contextuelles semble difficile. Les scènes incongruentes induisent chez les patients les plus rapides un grand nombre d'erreurs (prise de risque maximale). A noter que certains patients ont des TR minimaux très rapides, proche de ceux des sujets jeunes. Chez les patients adoptant une stratégie plus conservative (moins d'erreurs), le TR est

© IRIT

très ralenti pour les scènes incongruentes. De ce fait, les patients ont des performances très hétérogènes.

Des expériences en IRM fonctionnelle ont également été conduites au CerCo sur cette même tâche de catégorisation d'objets, sur des sujets sains de moins de 30 ans (15 sujets), de plus de 60 ans (19 sujets) et (jusqu'ici) 3 patients atteints de MA au stade léger. Le traitement du contexte au niveau du cortex parahippocampique postérieur ne semble pas affecté chez les sujets âgés, ni chez les 3 patients testés jusqu'ici. Chez les sujets âgés sains, une hyperactivité des régions hippocampiques (par rapport aux sujets jeunes) a été observée lors du traitement de scènes incongruentes. Cette hyperactivité semble directement reliée à l'effet de congruence (en particulier à l'augmentation du TR, $p < 0.01$) sur l'ensemble des sujets. Il est donc possible qu'une difficulté à traiter et encoder de nouvelles associations contextuelles explique le déficit de performance des sujets âgés en condition incongruente. Cette hypothèse reste à tester chez les patients souffrant de MA.

Au vu de nos résultats, la reconnaissance d'objets chez les sujets âgés et souffrant de MA semble fortement influencée par le contexte environnant. Une incongruence entre objet et contexte est difficilement traitée par le système visuel et la reconnaissance de l'objet est clairement affectée. Dans la vie quotidienne, la détection d'objets incongruents dans l'environnement (par exemple lors de la conduite d'un véhicule) sera moins précise et moins rapide, ce qui peut impacter sur l'efficacité de la réponse. Chez les patients souffrant de MA, la reconnaissance d'objets est globalement moins précise que chez les sujets contrôles. On observe chez ces patients une forte hétérogénéité des réponses, avec deux types de comportement : soit des TR très courts associés à un fort taux d'erreurs, soit des TR beaucoup plus longs et une précision proche de celle des sujets sains. Les mécanismes neuronaux sous-jacents restent à explorer.

REMERCIEMENTS

Laure Saint-Aubert, Pauline Maruque, Nadège Bacon-Macé, Nathalie Vayssière, Emmanuel Barbeau et Michèle Fabre-Thorpe (CerCo) ont participé aux expérimentations, à l'analyse et à l'interprétation de ces résultats. Ce projet est financé par l'ANR, programme « Maladies Neurologiques et Psychiatriques ».

BIBLIOGRAPHIE

(Aminoff *et al.*, 2007)

AMINOFF E., N. GRONAU et al. (2007). "The parahippocampal cortex mediates spatial and nonspatial associations." *Cereb Cortex* 17(7): 1493-503.

(Anstey *et al.*, 2002)

ANSTEY K. J., S. DAIN, et al. (2002). "Visual Abilities in Older Adults Explain Age-Differences in Stroop and Fluid Intelligence but Not Face Recognition: Implica-

tions for the Vision-Cognition Connection." *Aging, Neuropsychology and Cognition* 9(4): 253-265.

(Cronin-Golomb, 1995)

CRONIN-GOLOMB A. (1995). "Vision in Alzheimer's disease." *Gerontologist* 35(3): 370-6.

(Epstein et Kanwisher, 1998)

EPSTEIN R. AND N. KANWISHER (1998). "A cortical representation of the local visual environment." *Nature* 392(6676): 598-601.

(Goh *et al.*, 2004)

GOH J. O., S. C. SIONG, et al. (2004). "Cortical areas involved in object, background, and object-background processing revealed with functional magnetic resonance adaptation." *J Neurosci* 24(45): 10223-8.

(Owsley, 2011)

OWSLEY C. (2011). "Aging and vision." *Vision Research* 51(13): 1610-1622.

© IRIT

« Réalité Virtuelle et évaluation de la cognition quotidienne: résultats d'une étude auprès de patients en stade précoce de démence de type Alzheimer. »

▶ Hélène SAUZEON (EA4136-Université Bordeaux Segalen, Equipe Phoenix-Inria, Bordeaux), Marie DEJOS (EA4136-Université de Bordeaux, Bordeaux), Emilie BALLAND (Equipe Phoenix-Inria, Bordeaux), Charles CONSEL (IPB, Equipe Phoenix-Inria, Bordeaux), Bernard N'KAOUA (EA4136-Université Bordeaux Segalen, Equipe Phoenix-Inria, Bordeaux).

■ RÉSUMÉ • Cet article examine l'intérêt des outils de réalité virtuelle (RV) pour l'examen neuropsychologique de la personne âgée. En particulier, est mis en exergue la dimension écologique de ces nouveaux outils pour mieux capturer les effets de la Maladie d'Alzheimer (MA), et notamment, au travers des résultats obtenus auprès d'adultes âgés et de patients avec MA à l'aide du HOMES-Test évaluant la mémoire d'objets issus de scènes domiciliaires. De là, est mis en perspective une nouvelle voie d'application de la RV : la validation expérimentale des systèmes d'assistance numérique à l'aide d'application virtuelle domiciliaire.

■ MOTS-CLÉS • « Démence de type Alzheimer, Cognition quotidienne, Evaluation neuropsychologique, Réalité Virtuelle et HOMES test».

■ *ABSTRACT • This article examines the clinical interests provided by virtual reality (VR) applications for the neuropsychological assessment of the elderly. Notably,, it has highlighted the naturalistiic dimension of VR based devices for a better captation of the effects of Alzheimer's disease (AD), and in particular, through the results obtained from old adults and patients with AD using the HOMES Test that prbes object memories from home scenes. This opens a new neuropsychological perspective of application of VR as follows: the study of digital assistive devices into virtual applications simulating home.*

■ *KEYWORDS • « Alzheimer Dementia, Everyday Cognition, Neuropsychological assessment, Virtual reality and HOMES test ».*

Hélène Sauzéon ,Marie Déjos, Emilie Balland, Charles Consel, Bernard N'Kaoua.
Laboratoire « Handicap & système Nerveux »-Université Bordeaux Segalen
Equipe Phoenix-Inria Bordeaux/ helene.sauzeon@u-bordeaux2.fr

© *IRIT*

Avec le vieillissement démographique, les géronto-technologies sont aujourd'hui en plein essor, qu'elles soient mobiles (eg., téléphonie, PDA (assistant numérique personnel), fauteuil roulant intelligent), embarquées (eg., technologies d'aide à la conduite automobile : GPS, affichage tête haute, détecteurs d'obstacle) ou au domicile (eg., domotique : électroménager intelligent, unité environnementale de surveillance) (Robert-Bobée, 2006). Lorsqu'elles concernent le handicap sensoriel, moteur ou cognitif, elles visent principalement deux objectifs: la surveillance, s'adressant à la réalisation de tâches courantes (via la transmission de données prélevées au domicile du patient); la suppléance où la technologie est au service de la personne pour l'aider à pallier, compenser ses difficultés (Rialle, 2007). Reconnue comme réelle avancée dans le recueil et le dépistage des tous premiers signes d'un handicap cognitif, la domotique de surveillance n'a pas pour vocation le diagnostic du statut cognitif de la personne âgée qui relève d'une expertise médicale soumise à des règles et procédures cliniques bien définies (Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé, 2000 ; DSM IV: American Psychiatric Association, 1994). Sur ce terrain d'autres technologies sont attendues, et en particulier les applications comportementales de la Réalité Virtuelle dont les progrès et les résultats des recherches actuelles semblent extrêmement prometteurs (eg. Le Gall & Allain, 2001 ; N'Kaoua & Sauzéon, 2008 ; Rizzo et al. 2004). Le présent article se propose dans un premier temps, d'en exposer les principales raisons, puis dans un deuxième temps, de les illustrer à travers les résultats d'une étude menée au sein de notre équipe auprès de personnes âgées et de patients en stade précoce de démence Alzheimer.

4. Neuropsychologie de la Personne Agée et Intérêts de la RV

L'examen neuropsychologique à visée clinique identifie les troubles et le handicap cognitifs que rencontre un patient. Chez la personne âgée, le diagnostic d'un syndrome démentiel est conditionné par la présence conjointe de troubles affectant au moins deux composantes cognitives (eg. mémoire et planification) et de leurs répercussions dans la sphère socioprofessionnelle (DSM IV, American Psychiatric Association, 1994). A l'heure actuelle, la mise en évidence des troubles et du handicap cognitifs repose sur des épreuves psychométriques distinctes. Du côté de l'analyse des troubles cognitifs, les outils d'évaluation à disposition du clinicien sont des échelles structuro-cognitives offrant des mesures de l'efficience cognitive générale (eg., MMSE, Folstein et al., 1975; Mattis, Mattis, 1976; WAIS-II, Wechsler, 1997) ou de certains processus plus spécifiques (eg., pour la mémoire, la MEM III, Wechsler, 2001; CVLT, Delis et al,. 1987 ; Le Grober & Buschke, Grober & Buschke, 1987). Ces mesures sont qualifiées d'objectives car elles répondent à des critères stricts de validation psychométrique. L'ensemble de ces mesures délivrent une cartographie du fonctionnement cognitif de la personne mais souffre souvent d'une faible validité

© IRIT

écologique compte tenu de la nature du matériel, des tâches et conditions d'administration qui sont souvent artificielles et éloignées des conditions de vie réelle (eg. apprentissage de liste de mots). Pour cette raison, le clinicien complète son examen, en y adjoignant des échelles le plus souvent sous la forme d'auto-questionnaires (Sikkes et al., 2009) dédiées à la plainte cognitive ou aux incapacités cognitives rencontrées dans les activités quotidiennes (eg.,Instrumental Activities of Daily Living ou IADL, Lawton & Brody, 1969; CDS Derouesné & Guigot, 1995 ; QAM de Van der Linden et al., 1989). Ces mesures renseignent alors sur le handicap cognitif rapporté par la personne et/ou par un membre de son entourage. Comme tout questionnaire, ces échelles sont soumises à un biais de subjectivité auquel s'ajoute un prérequis de capacités d'auto-jugement intactes qui peut faire défaut chez certains patients (eg., sous- ou sur-estimation due à des difficultés métacognitives et/ou psychoaffectives) (McDougall et al., 2006, Derouesné, 2005). Malgré cela, elles sont toujours recueillies pour leur grande richesse informationnelle dans le dépistage des pathologies et l'évolution du statut cognitif de la personne (eg., évolution d'un MCI en DTA) (eg. Bowman, 1996 ; Schultheis et al., 2002). En effet, leur portée pour le clinicien est double : d'abord, elles délivrent un contenu écologique et expérientiel aux troubles observés, ensuite, elles constituent bien des fois les seuls signes cliniques inauguraux d'une neuropathologie (eg. maladies neuro-dégénératives associées au vieillissement comme la DTA, la MP ou la démence fronto-temporale) (Résultats PAQUID : Barbeget-Gateau et al. 2004).

Dans la pratique, deux grands cas de figures peuvent alors se produire : soit, troubles et handicap sont observés simultanément, et le clinicien infère alors leur relation avec le risque d'un biais corrélationnel et donc d'un faux diagnostic positif d'un syndrome démentiel ; soit, un trouble ou un handicap est observé isolément, et le clinicien se risque alors au faux diagnostic négatif. Si une absence de handicap avec troubles avérés peut être le résultat de stratégies compensatoires mises à jour par l'examen structuro-cognitif, la présence d'un handicap sans trouble révèle souvent des problèmes de sensibilité de mesure des outils structuro-cognitifs, trop éloignés de la complexité des tâches à accomplir en situation naturelle (Pradat-Diehl et al. 2006). C'est pour cette raison que, tel un « facteur de risque », le handicap cognitif est considéré avec beaucoup d'attention par les cliniciens et chercheurs du domaine pour sa plus forte valeur de dépistage voire de pronostic de l'installation d'une neuropathologie dégénérative (eg. Millan-Calenti et al. 2010 ; Castilla-Rilo et al. 2007 ; Barberger-Gateau et al. 1999). Par exemple, 50 % des 50 ans et 66% des plus 75 ans présentent une plainte mnésique en l'absence de trouble réel et cette plainte s'avère être un véritable prédicteur de démence (Résultats PAQUID : Barbeget-Gateau et al. 2004).

Au total, la pratique clinique comme la recherche neuropsychologique souffre actuellement de la tension entre validité formelle (ie., trouble structuro-cognitifs) et

© IRIT

validité écologique (ie., handicap cognitif) des outils dont elle dispose. La Réalité Virtuelle (RV), parce qu'elle permet la simulation d'environnements et de tâches proches des conditions « naturelles », promet aujourd'hui de réduire cette tension en proposant une réelle alternative entre une analyse des comportements peu structurée et peu spécifique en vie réelle et une analyse « dénaturée » en laboratoire via la simulation de tâches quotidiennes.

En effet, la RV répond à un besoin de rigueur psychométrique indispensable aux activités de recherche et aux activités cliniques. Les applications RV sont des modélisations informatiques où l'ensemble des paramètres de simulation est contrôlé et automatisé, qu'il s'agisse des caractéristiques physiques de l'environnement virtuel (nature visuelle, auditive, olfactive des stimuli, taille de l'environnement, degré de réalisme, nombre d'objets, texture, couleurs, etc.) ou du mode d'interaction sensori-motrice (eg., interacteur avec ou sans retour d'effort) (Rizzo et al. 2004, tableau 1). Ainsi, depuis une dizaine d'années, se développent de nombreuses applications RV à visée neuropsychologique qui proposent des simulations d'activités quotidiennes qui jusque là étaient réalisées sous la forme de tests papier-crayon telles que la tâche des commissions de Martin (1972) ou encore la préparation d'un gâteau au chocolat (Baguena et al. 2006 ; pour revue, N'Kaoua & Sauzéon, 2008). Ces simulations offrent des mesures contrôlées, paramétrées, et standardisées, dans de bonnes conditions de sécurité optimisées pour les utilisateurs et ce lors d'activités de vie quotidienne simulées (Lee et al. 2003), permettant simultanément l'analyse specifique des troubles et l'analyse fonctionnelle du handicap du sujet le cas échéant (Le Gall & Allain, 2001).

Environnements plus écologiques	Minimise l'aspect « artificiel » de la situation
Contrôle et paramétrage des stimuli et des réponses	Feedback sur la performance Enregistrement des comportements et des performances Permet l'étude de situations à risques
« Sécurité » de la situation	Adaptation des environnements aux utilisateurs
Généralisation des apprentissages	Adaptation des présentations et des interfaces aux contraintes cognitives et aux handicaps Gestion du déroulement en termes de pauses, discussion, consignes, explications, etc. Rigueur des situations d'expérimentation
Standardisation des protocoles	Introduction d'un aspect ludique
Optimisation de l'implication des utilisateurs	Permet d'introduire une aide et une gestion directe des erreurs

Tableau 1 ● Synthèse des avantages méthodologiques des outils RV dans le domaine des investigations neuropsychologiques (*Adapté de Rizzo et al., 2004*)

Si les avantages offerts par la RV ont été rapidement valorisées dans les recherches menées auprès de l'adulte cérébro-lésé jeune (traumatismes crâniens, AVC… eg. Klinger, 2006), le développement des applications RV dédiées à la per-

© IRIT

sonne âgée a été ralentie par les contraintes dites d'« utilisateurs âgés », mais aujourd'hui ces dernières sont en passe d'être maitrisées.

En effet, il y a 10 ans, McGee et al. (2000) dénonçaient quatre principales contraintes à l'utilisation de la RV auprès d'utilisateurs âgés, à savoir 1) La technophobie (anxiété à utiliser de nouveaux produits) ; 2) le statut perceptivo-moteur ; 3) le mal des simulateurs 1; 4) la complexité d'utilisation des Interfaces Homme-Machine (IHM). Avec la présence accrue d'IHM et de technologies au quotidien, la technophobie autrefois associée au grand âge n'est plus réellement un obstacle, et les personnes âgées sont de plus en plus en mesure de les utiliser, même si certains aménagements dans la conception des IHM demeurent incontournables (eg. simplification des modalités de commande de l'interface) (Hawthorn, 2000 ; Zajicek, 2003 ; Sayers, 2004 ; Czaja et al., 2007). Ces aménagements, souvent en rapport avec le statut perceptivo-moteur et cognitif des personnes âgées, sont issus du retour d'expérience des études en IHM menées depuis une dizaine d'année et font l'objet aujourd'hui de normes précises (normes ISO, 2008, pour détails, voir Charness, 2008). Notons que si les changements physiques liés à l'âge peuvent être importants, dans le domaine visuel, auditif, vestibulaire ou moteur (eg. Whitbourne, 1998), la RV par ses interfaces et interacteurs multisensoriels permet de contourner les incapacités perceptivo-motrices de la personne. Rappelons également que la perception 3D sollicitée dans les applications de RV est préservée jusqu'à un âge très avancée (plus de 75 ans) (Yetka et al., 1998). Concernant le mal des simulateurs1, il est rapporté dans la littérature qu'il s'agit d'un phénomène marginal (5%-10%) même s'il augmente un peu avec l'âge2 (Liu et al. 1999 ; Arns & Cerney, 2005). Il est de plus possible, de minimiser ces effets secondaires en suivant des recommandations simples (pour revue voir, Morrow & Rogers, 2008) comme privilégier un mur d'affichage plutôt qu'un casque de visualisation (eg. Kesztyues et al., 2000 ; Regan & Price, 1994).

La prise en compte de ces contraintes liées à l'utilisateur âgé permet aujourd'hui de disposer d'interfaces adaptées, simples et faciles d'utilisation, et donc qui sont mieux acceptées, c'est-à-dire considérées par les utilisateurs comme utiles (contentement et intérêt perçu) et utilisables (sentiment d'efficacité à l'utilisation) et alors moins anxiogènes pour la personne (Czaja et al., 2007).

Ces progrès interfaciels amènent aujourd'hui au déploiement des applications RV dans les études neuro-comportementales puisque les personnes âgées sont à même de

---

1 Troubles résultant d'un conflit entre les informations perceptuelles reçues par les diverses modalités (visuelle, proprioceptives…) ou la réadaptation dont le sujet doit faire peuvent après l'utilisation de l'environnement virtuel. Les symptômes peuvent inclure des nausées, une fatigue oculaire, une désorientation, des problèmes de coordination perceptivo-motrice, etc.. (Kennedy et al., 1992 ; 1994).

2 Il n'y aurait pas de différence entre personnes âgées « contrôles » et personnes âgées avec démence concernant la présence de mal des simulateurs (Flynn et al. 2003).

© IRIT

bien les tolérer mêmes avec peu d'expériences en matière d'utilisation d'outils numériques. De plus, l'aspect ludique et le sentiment d'efficacité étant importants, les personnes âgées manifestent un sentiment de satisfaction à l'utilisation de ce mode d'évaluation (pour revue Déjos et al., 2012 ; Déjos et al. 2013).

En particulier, les études évaluant l'apport de la RV dans le diagnostic des démences liées au vieillissement (la Démence de Type Alzheimer- DTA en particulier) commencent à se multiplier (Déjos et al. 2012). Cependant aujourd'hui, elles concernent pour beaucoup le champ de cognition spatiale et des déplacements automobiles (e.g., Figure 1), et de manière plus marginale le domaine des activités domiciliaires (ou ne nécessitant pas de navigation à grande échelle).

Figure 1 ● Exemples d'environnements virtuels utilisés pour étudier le fonctionnement cognitifs des personnes âgées en situation.

Comme indiqué par le tableau 2 ci-après, peu d'études concernent encore la mémoire épisodique .

ACTIVITÉS / TÂCHE VIRTUELLE	ETUDES	ECHANTILLON	RESULTAT	CORRELAT PSYCHOMETRIQUE
Rappel (objets 3D, trajets de labyrinthes, environnements urbains, maison, pièces virtuelles)	Sharp & Gollin, 1988 Moffat et al., 2001 Planchet et al. 2008	Personne âgée	- Effet Age minoré (objets 3D) ou majoré sur environnement complexe	Capacités visuo-spatiales (eg., Test rotation, Shepard & Metzler,1971)
	Burgess et al. 2006		-Effet DTA majoré	Capacités mnésiques (eg., CVLT, Delis et al., 1987)
		DTA	- Mémoire allocentrique perturbée / Mémoire égocentrique maintenue	Capacités exécutives (vitesse de traitement et flexibilité)
Rappel de trajet, objets et événement urbain	Fiolino, 2012 Widmann et al., 2010		-Troubles marqués sur la mémoire du contexte, des détails et du binding des informations	Sévérité du handicap (plainte mnésique)
		DTA		CVLT, RL/RI16 Plainte mnésique

Tableau 2 ● Etudes évaluant le fonctionnement mnésique à l'aide d'application RV auprès de personnes âgées et/ou avec DTA.

© IRIT

5. Evaluation de la mémoire épisodique à l'aide du HOMES test: principaux résultats obtenus chez des participants en stade précoce de DTA

Fortement inspiré du California Verbal Learning Test (CVLT, Delis et al., 2000), le HOMES(*Human Object Memories from Everyday Scenes*) test est un outil d'évaluation de la mémoire épisodique en contexte domiciliaire (Sauzéon et al., 2012) afin d'appréhender les processus mnésiques à l'œuvre lors de la mémorisation d'objets familiers en situation de visite d'un appartement. L'environnement virtuel utilisé est une modélisation 3D d'un appartement virtuel composé de 4 pièces (chambre, salle de bain, cuisine, salon) dans lesquelles des objets sont présentée (Figure 2).

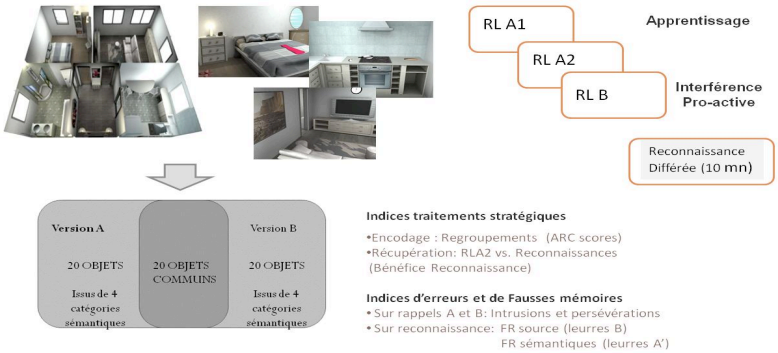


Figure 2 ● Environnement virtuel et procédure utilisés dans le HOMES-test

Tout comme le CVLT dont l'efficacité est reconnue pour l'identification des déficits sélectifs des mécanismes d'apprentissage et de mémoire de la maladie d'Alzheimer [eg., Lekeu et al., 2010], le HOMES test permet à partir de deux listes d'objets sémantiquement reliées (2 versions d'objets placés dans l'appartement), permet un examen analytique du fonctionnement de la mémoire en délivrant des mesures *d'apprentissage* (ie., essais successifs de rappels libres), *d'oubli* (effet d'interférence proactive), de traitement stratégique à l'encodage (regroupements sémantiques réalisés lors du rappel) ou à la récupération (comparaison rappel vs. Reconnaissance) ou de fausses reconnaissances (FR). Pour le dernier indice, deux types de FR sont sondés: FR sémantique vs. FR de source (*en anglais, Gist-FR vs. Source-based FR*). Les FR de Source correspondent à des erreurs de source entre deux événements réellement vécus (e.g., confusion entre deux listes d'objets apprises séparément) alors que les FR sémantiques correspondent à des confusions entre l'évènement appris et les connaissances du sujet qui lui ont été associées comme par

© IRIT

exemple lorsque qu'un leurre, qui n'a pas été étudié, mais qui est fortement relié aux items étudiés, est reconnu de manière erronée.

Cet outil a été administré à des patients en stade précoce de DTA (m_{MMS}=21.41 ; ET=4. 27) et à des participants âgés (m_{MMS}=28.81 ; ET=1. 60) appariés pour le genre, l'âge et le niveau d'éducation, et ceci pour appréhender le profil mnésique situé de ces patients (Déjos et al., soumis) (Figure 3). Le profil d'atteinte des patients DTA est marqué par un rappel libre déficitaire, une baisse des regroupements catégoriels et la présence majorée de fausses reconnaissances par rapport aux adultes âgés. Les patients DTA bénéficient également plus de la reconnaissance par rapport au rappel libre que les personnes contrôles. Ils démontrent également une réduction significative de l'effet d'interférence pro-active. Ces résultats reflètent dans l'ensemble ceux mis en évidence dans le CVLT et/ou dans la littérature (eg. Craik, 1990 ; Clarys et al. 2002 ; Delis, et al. 1991 Kramer et al ; 1988 ; Backman et al ; 2001). Ces résultats prennent une dimension plus intéressante encore, puisque nous avons pu constaté que la spécificité et la sensibilité des mesures venant du CVLT ou du HOMES test sont quasi-équivalentes, et que le HOMES test prédit trois dimensions de la plainte mnésique quotidienne (orientation temporelle, mémoire prospective et praxies de la version française de Cognitive Difficulties Scale, Derouesné & Guigot, 1995) alors que le CVLT n'en prédit qu'une dimension, la dimension « praxie ». Ainsi, alors que les mesures extraites du CVLT ne permettent que de prédire les difficultés praxiques des patients souffrant de DTA, celles du HOMES-test permettent de prédire les difficultés praxiques mais également celles de rappel différé et de mémoire prospective au quotidien.

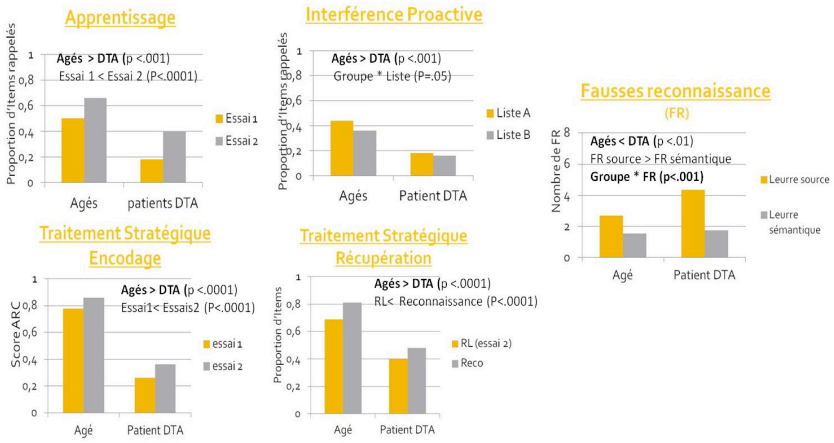


Figure 3 ● Résultats obtenus sur les différents indices HOMES
selon le groupe de participants (âgés vs. DTA)

© IRIT

6. Conclusion

Ainsi lorsque les mécanismes de la mémoire sont mis en œuvre dans des situations réalistes, proches du quotidien (ie. comme dans le HOMES-test), leurs mesures sont reliées aux difficultés quotidiennes de mémoire rapportées par les personnes âgées y compris celle souffrant de DTA. Cela illustre combien les applications neuropsychologique de la RV permettent d'enrichir d'une dimension écologique le diagnostic neuropsychologique de la DTA en dépassant les limites présentées par les tests neuropsychologiques traditionnels et les questionnaires d'auto-évaluation des difficultés cognitives. Cette conclusion atteste également du statut de *la cognition quotidienne* comme champ de recherche à part entière où la RV, comme outil d'investigation, tiendra une place critique par le contrôle expérimental et la fiabilité des observations qu'elle permet. Les études à venir revisiteront certainement, sous *une perspective située*, les données et faits expérimentaux acquis en laboratoire concernant le vieillissement normal et pathologique.

D'autres défis pourront être relevés par les technologies de RV, et notamment ceux relatifs à l'assistance cognitive des personnes âgées avec ou sans DTA. Par exemple, actuellement, pourraient être développés des travaux visant à évaluer l'intérêt d'un appartement virtuel comme support d'apprentissage et de transfert de comportements critiques pour la vie autonome, et à défaut une guidance ou suppléance automatisée via des technologies d'assistances numériques telles que celles proposées par *DiasuiteBox*[3]. En effet, sur la base de la plate-forme unique, évolutive et personnalisable offerte par la technologie *DiasuiteBox* (http://diasuitebox.inria.fr), il est possible de concevoir des applications logicielles couvrant un large spectre de services répondant aux besoins singuliers des personnes âgées tels que le monitoring de leur statut fonctionnel, ou encore des services d'aide à la réalisation d'activités, voire d'entraînement cognitif. Les assistances conçues (Figure 4) avant leur déploiement en milieu naturel auraient tout à gagner d'une validation pré-expérimentale par des simulations virtuelles d'utilisations domiciliaires tel que pourrait le permettre l'appartement virtuel utilisé pour le HOMES Test.

[3] DiaSuiteBox est une plate-forme ouverte d'applications d'assistance numérique (sur le principe des plates-formes de Smartphones). Cette technologie propose l'orchestration des applications déployées sur les appareils/objets communicants du domicile (e.g., téléphone, télévision, modem ADSL, objets tagués, capteurs d'ouverture de porte, fenêtre, de consommation électrique, etc) dont l'interface utilisateur est une tablette numérique (support d'interactions variées). Par exemple, des détecteurs d'ouverture de portes, fenêtres, ou de consommation d'énergie ou encore le traçage RFID d'objets tagués permettent de disposer des applications de « monitoring » d'objets à sécuriser ou de détection de situations inhabituelles pour la personne.

© IRIT

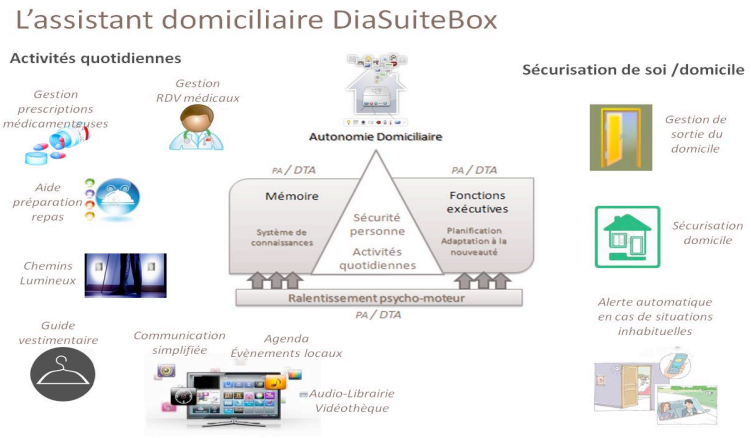


Figure 4 ● Illustration d'applications d'assistance ou de suppléance à la personne â gée pour soutenir sa vie domiciliaire autonome.

© IRIT

BIBLIOGRAPHIE

(American Psychiatric Association, 1994)
American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth ed. DSM-IV. American Psychiatric Association, Washington, DC, 1994.

(Arns & Cerney, 2005)
Arns, L.L., Cerney, M.M. The Relationship Between Age and Incidence of Cybersickness among Immersive Environment Users. Proceedings of the 2005 IEEE Conference 2005 on Virtual Reality, 2005, 267-268.

(Backman et al., 2001)
Backman, L., Small, B.J., Fratiglioni, L. (2001). Stability of the preclinical episodic memory deficit in Alzheimer's disease. Brain, 124, 96-102.

(Baguena et al., 2006)
Baguena, N., Thomas-Antérion, C., Sciessere, K.,Truche, A., Extier, C., Guyot, E., Paris, N. (2006). Ecologic evaluation in the cognitive assessment of brain injury patients: generation and execution of script. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique, 49 (5), pp. 234-241

(Barbeget-Gateau et al. 2004)
Barberger-Gateau, P., Letenneur, L., Pérès, K. Résultats Paquid, from http___www.isped.ubordeaux2. fr_RECHERCHE_paquid_2004_Resultats_PAQUID, 2004.

(Barberger-Gateau et al., 1999)
Barberger-Gateau, P., Fabrigoule, C., Helmer, C., Rouch, I., Dartigues, J.F. Functional impairment in instrumental activities of daily living: An early clinical sign of dementia? Journal of the American Geriatrics Society, 1999, 47(4), 456-462

(Bowman, 1996)
Bowman, D., Gabbard., J. Hix, D. A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods. Presence: Teleoperators and VirtualEnvironments, 1996, 11(4), 404-424.

(Burgess et al. 2006)
Burgess, N., Trinkler, I., King, J., Kennedy, A., Cipolotti, L. (2006). Impaired Allocentric spatial memory underlying topographical disorientation. Reviews in the neurosciences, 17, 239-251.

(Castilla-Rilo et al., 2007)
Castilla-Rilo, J. Lopez-Arrieta, J. Bermejo-Pareja, F., Ruiz, M., Sanchez-Sanchez, F. Trincado, R. Instrumental activities of daily living in the screening of dementia in population studies: a systematic review and meta analysis. International journal of geriatric psychiatry, 2007, 22, 829-836.

© IRIT

(Charness, 2008)
Charness, N. Aging and Human Performance. Human factors, 2008, 50(3), 548-555.

(Clarys et al., 2002)
Clarys, D., Isingrini, M., & Gana, K. (2002). Mediators of age-related differences in recollective experience in recognition memory. Acta Psychologica, 109, 315-329.

(Craik, 1990)
Craik, F.I.M. (1990). Changes with normal aging: A functional view. In R.J.Wutman et al. (Eds.), Advances in neurology, 51: Alzheimer's disease (pp. 201–205). New York: Raven.

(Czaja et al., 2007)
Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A.D., Hertzog, C., Nair, S.N., Rogers, W.A., Sharit, J. Factors predicting the use of technology: Findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). Psychology and Aging, 2006, 21, 333–352

(Déjos et al. 2013)
Déjos, M., N'Kaoua, B, Arind-Pala, P., Taillade, M., Sauzéon, H., (2013). Apports de la réalité virtuelle aux approches neurocognitives du vieillissement normal ou pathologique: où en est-on réellement? Psychologie francaise (acceptée sous réverse de modifications).

(Déjos et al., 2012)
Déjos, M., Sauzéon, H., N'Kaoua, B. (2012). La réalité virtuelle au service de l'évaluation clinique de la personne âgée : le de´pistage précoce de la démence. Revue neurologique, 168, 404-414.

(Déjos et al., soumis)
Déjos, M., N'Kaoua, B., Arvind-Pala, P., Auriacombe, S., Sauzéon, H. (soumis). Impaired memory of objects from naturalistic virtual scenes in patients with Alzheimer's Disease as predictors of self-reported everyday memory difficulties. International Psychogeriatrics.

(Delis et al,. 1987)
Delis, D.C., Kramer, J.H., Kaplan, E. Ober, B.A. CVLT California Verbal Learning Test : adult version.Manual. Toronto : The Psychological Corporation. Harcourt Jovandvich, 1987.

(Delis et al., 2000)
Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E., & Ober, B. A. (2000). California Verbal Learning Test- Second Edition: Adult version manual. San Antonio, TX: Psychological Corporation.

(Delis, et al. 1991)
Delis D.C., Massman P.J., Butters, N., Salmon, D.P., Cermak, L.S., Kramer, J.H. (1991). Profiles of demented and amnesic patients on the California verbal learning

© IRIT

test: implications for the assessment of memory disorders. Psychological assessment, 3(1), 19-26.

(Derouesné & Guigot, 1995)
Derouesné C, Guigot J. A caregiver form of the "Cognitive Difficulties Scale" for assessment of functional impairment in daily life in Alzheimer's disease. In: Bergener M, Finkel SI, eds.Treating Alzheimer's disease and other dementias. New York: Springer Publishing Co, 1995, 318-28.

(Derouesné, 2005)
Derouesné, C. (2005). Signification de la plainte mnésique – ou de quoi se plaint-on lorsqu'on se plaint de la mémoire ? Neurologie - Psychiatrie – Gériatrie 25, pp. 14-18.

(Flynn et al. 2003)
Flynn D, Van Schaik MP, Blackman T, Femcott C, Hobbs B, Calderon C. Developing a virtual reality–based methodology for people with dementia: a feasibility study. Cyberpsychol Behav 2003;6(6):591–611.

(Folstein et al., 1975)
Folstein, M.F., Folstein, S.E., McHugh, P.R. Minimental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. Journal of Psychiatric Research, 12, 1975, 189-98.

(Grober & Buschke, 1987)
Grober, E., Buschke, H. Genuine memory deficits in dementia. Developmental Neuropsychology, 1987, 3, 13-36.

(Hawthorn, 2000)
Hawthorn, D. Possible implications of ageing for interface designers. Interacting with Computers, 2000, 12, 507-528.

(Kesztyues et al., 2000)
Kesztyues, T. I., Mehlitz, M., Schilken, E., Weniger, G., Wolf, S., Piccolo, U., Irle, E., Rienhoff, O. Preclinical evaluation of a virtual reality neuropsychological test system: Occurrence of side effects: CyberPsychology & Behavior, 2000, 3(3), 343-349.

(Klinger, 2006)
Klinger, E., Chemin, I., Lebreton, S., Marié, R.M. Virtual action in Parkinson's disease: a control study. Cyberpsychol Behav, 2006, 9(3), 342-347.

(Kramer et al. 1988)
Kramer, J.H., Delis, D.C., Blusewicz, M.J., Brandt, J. Ober, B.A., Strauss, M. (1988). Verbal memory errors in Alzheimer's and Huntington's dementias. Developmental Neuropsychology, 4, 1-15.

(Lawton & Brody, 1969)
Lawton, M.P., & Brody, E.M. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. Gerontologist, 1969, 9,179-86.

© IRIT

(Le Gall & Allain, 2001)
Le gall, D., Allain, P. Applications des techniques de réalité virtuelle à la neuropsychologie clinique. Champ Psychosomatique, 2001, 22, 25-38.

(Lee et al., 2003)
Lee, H. C., Cameron, D., & Lee, A. H. (2003). Assessing the driving performance of older adult drivers: On-road versus simulated driving. Accident Analysis and Prevention, 35(5), 797-803.

(Lekeu et al. 2010)
Lekeu, F., Magis, D., Marique, P., et al. (2010). The California Verbal Learning Test and other standard clinical neuropsychological test to predict conversion from mild cognitive impairment to dementia. J. of Clin. & Exp. Neu-ropsychology, 32 (2), 164-173

(Liu et al. 1999)
Liu, L., Watson, B., Miyazaki, M., VR for the elderly: quantitative and qualitative differences in performance with a driving simulator. Cyberpsychology & Behavior, 1999, 2(6), 567-576.

(Martin, 1972)
Martin, R. (1972), Test des commissions (2nde édition), Editest, Bruxelles.

(Mattis, 1976)
Mattis S. Dementia rating scale professional manual. Odessa: Psychological Assessment Resources, 1976.

(McDougall et al., 2006)
McDougall, G. J. Jr., Becker, H., & Arheart, K. L. (2006). Older Adults in the SeniorWISE Study At Risk for Mild Cognitive Impairment. Archives of Psychiatric Nursing, 20, 126–134

(McGee et al. 2000)
McGee, J. S., van der Zaag, C., Rizzo, A., Buckwalter, J. G., Neumann, U., Thiebaux, M. Issues for the assessment of visuospatial skills in older adults using virtual environment technology. CyberPsychology and Behavior, 2000, 3(3), 469-482.

(Millan-Calenti et al., 2010)
Millan-Calenti, J.C., Tubio, J., Pita-Fernandez, S., Gonzalez-Abraldes, I, Lorenzo, T., Fernandez-Arruty, T., Maseda, A. Prevalence of functional disability in activities of daily living (ADL), instrumental activities of daily living (IADL) and associated factors, as predictors of morbidity and mortality. Archives of Gerontology and Geriatrics, 2010, 50, 306-310

(Moffat et al. 2001)
Moffat, S. D., Zonderman, A. B., & Resnick, S. M. (2001). Age differences in spatial memory in a virtual environment navigation task. Neurobiology of Aging, 22 (5), pp. 787-796.

(Morrow & Rogers, 2008)

© IRIT

Morrow, D.G., Rogers, W.A. Environmental Support: An Integrative Framework. Human Factors, 2008, 50(4), 589-613.

(N'Kaoua & Sauzéon, 2008)
N'Kaoua, B. & Sauzéon, H. (2008) Evaluation cognitive et neuropsychologique à l'aide des applications RV. In JM. Mazaux, P. Pradat-Diehl & V. Brun (Ed.), Rééducation instrumentalisée après cérébrolésion vasculaire, Edition Masson.

(Plancher et al. 2008)
Plancher G., Nicolas S., Piolino P. (2008). Apport de la réalité virtuelle en neuropsychologie de la mémoire : étude dans le vieillissement. Psychologie et NeuroPsychiatrie du vieillissement, 6 (1), 7-22.

(Pradat-Diehl et al. 2006)
Pradat-Diehl, P., Peskine, A., Chevignard, M. (2006). Pourquoi évaluer les troubles neuropsychologiques en vie quotidienne. In : Pradat-Diehl, P &Peskne, A (Eds), Evaluation des troubles neuropsychologiques en vie quotidienne, Springer-Verlag France, Paris, pp 1-5.

(Regan & Price, 1994)
Regan, E., Price, K.R. The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality. Aviation, Space, & Environmental Medicine, 1994, 65, 527–530.

(Rialle, 2007)
Rialle, V. Technologie et Alzheimer : Appréciation de la faisabilité de la mise en place de technologies innovantes pour assister les aidants familiaux et pallier les pathologies de type Alzheimer. Thèse (PhD) doct Univ. Paris V, 2007.

(Rizzo et al. 2004)
Rizzo, A.A., Schultheis, M.T., Kerns, K. & Mateer, C. Analysis of Assets for Virtual Reality Applications in Neuropsychology. Neuropsychological Rehabilitation, 2004, 14(1-2) 207-239.

(Robert-Bobée, 2006)
Robert-Bobée I. (2006), "Projection de population 2005-2050 pour la France métropolitaine", Working Paper, Insee, Methodes et Résultats, n° F0603

(Sauzéon et al., 2012)
Sauzéon, H., Arvind-Pala, P., Larrue, F., Wallet, G., Déjos, M., Zheng, Z., N'Kaoua, B. (2012). The use of virtual reality for episodic memory assessment, Effets of active Navigation. Experimental psychology, 59(2), 99-108

(Sayers, 2004)
Sayers, H. Desktop virtual environments: a study of navigation and age. Interacting with Computers, 2004, 16, 939–956.

(Schultheis et al., 2002)
Schultheis, M.T. Himelstein, J., Rizzo, A.A. Virtual reality and neuropsychology: Upgradingthe current tools. J Head Trauma Rehabil, 2002, 17, 379-94.

© IRIT

(Sharp & Gollin, 1988)
Sharps, M.J, Gollin, E.S., (1988). Aging and free recall for objects located in space. Journal of Gerontology 43, 8–11.

(Sikkes et al., 2009)
Sikkes S. A. M., De Lange-De Klerk E. S. M., Pijnenburg Y. A. L., Scheltens P., Uitdehaag B. M. J. (2009) A systematic review of Instrumental Activities of Daily Living scales in dementia : room for improvement. Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry, 80(1), 7-12 .

(Van der Linden et al., 1989)
Van der Linden, M., Wijns, C., Von Frenkell, R., Coyette, F., & Seron, X. Un questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire (QAM). Bruxelles: Editest, 1989.

(Wechsler, 1997)
Wechsler D. (1997). Wechsler Memory Scale—Third Edition. San Antonio, TX: Psychological Corporation

(Wechsler, 2001)
Wechsler, D. (2001). Échelle clinique de mémoire de Wechsler-3ème édition. ECPA.

(Whitbourne, 1998)
Whitbourne, S. Physical changes in the aging individual. In Nordhus, I.H., Vandenbos, G.R., Berg, S., Fromholt, P. (Eds.) Clinical geropsychology. Washington-DC: American Psychological Association, 1998.

(Widman et al., 2010)
Widmann, C.N., Beinhoff, U., Riepe, M.W. Everyday memory deficits in very mild Alzheimer's disease. Neurobiology of Aging, 2010, (in press).

(Yetka et al., 1998)
Yetka, A.A., Pickwell, L.D., Jenkins, T.C. Binocular vision: Age and symptoms. Ophthalmic Physiological Optics, 1998, 9,115-120.

(Zajicek, 2003)
Zajicek, M., Patterns for encapsulating speech interface design solutions for older adults, Proceedings of the 2003 ACM Conference on Universal Usability (CUU03), 10–11November, Vancouver, Canada, 2003, pp. 54–60.

© IRIT

Forum collaboratif de conception d'un assistant personnel à l'autonomie et au maintien des activités sociales dans les espaces de vie quotidienne (FORAVIQ). Pour une méthodologie de l'Objet Flou (MOF)

▶ Alice ROUYER (LISST, Toulouse), Marina CASULA (LEREPS, Toulouse)

■ RÉSUMÉ • Le projet FORAVIQ-MOF a pour finalité la mise en œuvre d'une méthodologie collaborative de conception engageant des champs disciplinaires, différents, en sciences humaines et sociales, en sciences de l'ingénieur et en sciences de la santé, mais impliquant aussi des professionnels, des bailleurs et des personnes ordinaires concernées. Cette communauté se fédère autour de la résolution d'un problème, celui du déplacement hors du domicile, de personnes âgées atteintes de troubles de la mémoire épisodique. Cet « objet-flou » est un « objet-frontière » dont les contours s'esquissent progressivement à mesure que se clarifient, s'affinent et se négocient, au sein de ce collectif, les objectifs poursuivis ainsi que les transformations organisationnelles, sociales et éthiques auxquelles le dispositif doit contribuer.

■ MOTS-CLÉS • Innovation, personnes âgées, méthodologie de conception collaborative, troubles de la mémoire épisodique.

■ *ABSTRACT • The FORAVIQ-MOF project aims to implement a collaborative design methodology involving different disciplines, in the humanities and social sciences, engineering and health sciences. This community comes together to solve a problem : how to help elderly with disorders of episodic memory to leave their homes? This "fuzzy object" is a "boundary object" whose contours are gradually emerging as the objectives are clarified, are refined and are discussed within this group, as well as organizational, social and ethical transformations that sociotechnical device must support.*

■ *KEYWORDS • Innovation, elderly, collaborative design methodology, disorders of episodic memory*

© IRIT

1. Introduction

Le projet FORAVIQ-MOF s'inscrit dans une dynamique de constitution d'un pool de compétence interdisciplinaire, à Toulouse, associant sciences humaines et sociales, sciences de l'ingénieur et sciences médicales et qui réunit spécialistes du vieillissement (gériatres, psychologues, sociologues et urbanistes) et ingénieurs mobilisés sur les systèmes ambiants, la domotique et l'e-santé. Depuis 2009, les effets convergents de l'institution d'un axe « vieillissement, qualité de vie et handicap » au sein de la MSHS de Toulouse et l'implication commune dans la réponse à différents appels à projet (EquipEx, LabEx, RTRA, PEPS etc.) ont favorisé la constitution d'un réseau d'interconnaissances et permis l'effort d'acculturation. Ce partenariat s'est consolidé grâce à deux projets intimement articulés, POLYMORPHE (Processus Ouvert Libre dYnamique et Multidisciplinaire pour l'autOnomie Retrouvée des Personnes de l'Hôpital au domicilE) (MSHST/PEPS CNRS), coordonnés par Fabrice Peyrard et Marina Casula et InOAAB (*Indoor-Outdoor Actimetry for Autonomy and well-Being*) coordonné par Alice Rouyer.

Le substrat commun de ces deux projets était la volonté d'initier une autre «conception de la conception », replaçant l'usager au cœur du processus d'innovation technique. Ils avaient pour finalités la proposition d'une méthodologie collaborative, participative et itérative. C'est cette méthodologie, qualifiée de « méthodologie de l'objet flou » - mais aussi les positionnements scientifiques qu'elle présuppose, que nous souhaitons présenter ici.

2. Objets flous du désir de changement

2.1. De l'objet technique au projet sociotechnique

Le vieillissement des populations est devenu un sujet de préoccupation à la fois social, politique, et économique. Parmi l'arsenal des dispositifs visant à la prise en charge des « risques » liés à la vieillesse, se trouvent les gérontotechnologies ou gérontechnologies, c'est-à-dire des dispositifs électroniques et informatiques spécifiquement destinées aux personnes âgées, dont la conception reste assez largement dominée par un modèle d'innovation technocentré. Lors des rencontres avec nos collègues de l'IRIT, nous avons pris conscience du paradoxe qui pouvait persister entre une forte demande de contribution des sciences humaines et sociales au processus d'innovation technologique et une assez faible acculturation de nos partenaires au champ des sciences sociales, à ses paradigmes, à ses questionnements, notamment en matière d'innovation. Les attendus de cette collaboration esquissée étaient initialement doubles : parvenir à conforter la production d'objets technologiques mieux « adaptés aux usages » des personnes âgées dépendantes, à leur domicile et dans leur vie quotidienne, mais également, répondre à une demande forte chez les bailleurs de

© IRIT

fonds et le CNRS : la mise en œuvre d'une « interdisciplinarité radicale » performante.

Nous devions dans un premier temps constater que l'approche des enjeux sociaux inhérents à l'innovation technique se traduisait ordinairement, dans les cercles technologiques, en terme de réponses à des « besoins » préalablement identifiés, puis en termes « d'acceptabilité » et « d'évaluation des usages » Cette vision des choses supposait un schéma linéaire : les besoins constituaient les données d'entrée et initiaient le processus de conception. Ce dernier aboutissait à la production d'un objet, lequel était finalement « testé » « in vitro » puis « in vivo » (cf. la MIB, « Maison Intelligente de Blagnac »). En réalité, de notre point de vue, l'objet s'intègre - plus qu'il ne répond - à la modification d'un contexte organisationnel, parfois porté, mais aussi parfois subi par les acteurs. Il modifie en outre l'écosystème dans lequel il s'intègre, transformant son environnement, bien au-delà du projet dont il se fait initialement le vecteur. Bien que de nombreux travaux (notamment sur les T.I.C.) aient déjà bien montré l'intérêt de cette exigence (Thomas et Pascal, 2008), nous avons parfois peiné à faire valoir la complexité de l'enchâssement des objets techniques dans des systèmes sociotechniques imbriqués, qui appelaient, selon nous, une analyse plus fine. C'est pour cette raison qu'il était plus aisé, dans le cadre de ce partenariat, de proposer d'appréhender ces structures d'enchâssements en lien avec des champs applicatifs circonscrits. Cependant, prendre acte de l'enchâssement de l'objet technique dans des environnements complexes impacte aussi la manière dont on appréhende le processus de conception dans sa globalité.

2.2. Nouveau régime d'innovation

La volonté de faire évoluer les processus de conception n'est pas nouvelle, même en sciences humaines et sociales. Elle est à relier, du reste, à l'observation des processus d' invention et d'innovation, au sein des collectifs de recherches et des entreprises. Armand Hatchuel a montré en quoi ce vif intérêt se faisait écho d'un souci de management de la recherche-développement plus performant et performatif. Ce souci est également partagé par les pouvoirs publics, au nom de la plus-value d'une « économie de la connaissance », mais il s'expliquerait fondamentalement par la difficulté des entreprises à stabiliser leurs savoirs face à une demande constante de différentiation et de renouvellement de produits ainsi que de constantes mutations organisationnelles (Hatchuel, 2002 ; Callon, 2007). Il semble ainsi admis que le modèle de diffusion des innovations en vogue jusqu'aux années 1980, favorisait la distinction entre, d'une part, l'artefact technique, aux propriétés définies par des concepteurs, et, d'autre part le milieu social où il s'immerge, qu'il soit propre ou non à adopter telle quelle l'innovation (Goulet et Vinck, 2012 ; Paquette et Blanco, 2009). Le recours à la notion d'acceptabilité sociale (souvent comprise, du reste, en termes d'acceptabilité

© IRIT

de la technique) ou la mise en œuvre de procédures d'évaluation des usages relèveraient plutôt de cette perspective. Cette notion a aussi pour conséquence de focaliser l'attention sur la confrontation technique/usager et ouvre la voie, par exemple, à l'observation prioritaire des interactions homme/machine.

Néanmoins, dans les années 80, les approches sociologiques de la technique, influencée par les apports du constructivisme, amènent à bousculer ces approches. En France, les chercheurs du Centre Social de l'Innovation (C.S.I.), à Paris, ont fortement ébranlé ces représentations. Bruno Latour, Michel Callon ou Madeleine Akrich (Akrich *et al.*., 1988a, 1988b, 2006) ont traqué les processus de fabrication de faits scientifiques et d'artefacts techniques et énoncé des propositions à l'origine de la théorie de l'acteur-réseau (ANT). Leur contribution amène un déplacement du regard sur l' « objet technique » qui « ne peut pas plus être confondu avec un dispositif matériel qu'avec l'ensemble des usages « remplis » par ce dispositif : il se définit très exactement comme le rapport construit entre les deux termes ». (Akrich, 2006). L'objet technique s'intègre dès lors dans un « réseau » associant des « actants ». Ce « réseau » s'incarne dans des collectifs humains (les utilisateurs, les personnels en charge de la maintenance, les bailleurs etc.), mais s'imbrique dans des contraintes organisationnelles et techniques préalables.

Le travail de conception est donc porteur d'un certain nombre de représentations quant au monde où l'objet est amené à s'insérer et qui – pour reprendre le concept de Madeleine Akrich sont « inscrits » dans les contenus techniques de l'innovation. L'objet se fait cependant également « prescripteur », puisque il impacte et redéfinit les relations qui s'organisaient sans lui. Enfin il est impacté encore, en retour, par les changements relationnels, techniques, organisationnels qu'il suscite. Il est logique dès lors d'appréhender la conception et l'ajustement de l'objet technique comme un processus participant d'un « changement d'état » qui le dépasse. Il devient alors intéressant, pour un chercheur en sciences sociales, d'observer les mécanismes transformationnels à l'œuvre, en s'inspirant, notamment, de l'héritage du schéma actantiel proposé par les sémioticiens (Propp, 1970 ; Greimas, 1986). Ces mécanismes de transformation affectent en effet plus largement des modes de vie, des modes de production, des pratiques professionnelles, des modèles économiques ou de management etc…L'innovation se fait l'analyseur de cette mutation, tandis que « le succès » de l'innovation traduit une adéquation de l'objet avec les transformations à l'œuvre. Madeleine Akrich, évoque des « mécanismes d'ajustement réciproques de l'objet technique et de son environnement » qui s'avèrent, au final…performants (Akrich, 2006).

© IRIT

2.3. La construction plurielle des utilités de l'objet technique: contribution polyphonique, intéressement, innovation sociale, démocratie technique

Le modèle de *l'intéressement,* développé par Madeleine Akrich, Michel Callon et Bruno Latour, s'inscrit délibérément en opposition avec le modèle de diffusion que nous avons préalablement évoqué : « Le modèle de la diffusion déplace l'objet technique à l'intérieur d'une société qui constitue un milieu plus ou moins récepteur. Le modèle de l'intéressement met en scène tous les acteurs qui se saisissent de l'objet ou s'en détournent et il souligne les points d'accrochage entre l'objet et les intérêts plus ou moins organisés qu'il suscite. ».. (Akrich et al., 1988). Ce nouveau « régime d'innovation » suppose en effet la mobilisation de collectifs de « groupes concernés » (Callon, 2007). L'objet (ou projet) sociotechnique se transforme en lien avec des négociations des confrontations de mondes vécus, des rapports de forces. Ces « réseaux d'innovation » (Callon, 2006) estompent les frontières entre ce qui relèverait de l'innovation technologique et de «l'innovation sociale ». La transformation d'un environnement sociotechnique est porteuse de la négociation polyphonique d'un changement de configuration sociale.

Construire les utilités d'une « innovation » suppose désormais une organisation communautaire, où puisse s'échanger et s'hybrider en premier lieu des savoirs académiques, mais plus largement, un réseau ouvert aux « savoirs profanes », issus de l'expérience. En cela, la « conception de la conception » issue de la sociologie de la traduction se fait l'écho d'un renouveau de l'approche politique de l'innovation dans tous les domaines sociaux. L'imbrication des savoirs et pouvoirs qui construisent le « succès » de l'innovation questionnent en effet les conditions de sa négociation et peut être formulée en terme de démocratisation de la technologie. Ces enjeux de la « démocratie technique » ont été abordés en 2001, dans un ouvrage intitulé « *Agir dans un monde incertain* », sous la plume de Michel Callon, Yannick Barthe et Pierre Lascoumes (Callon et al., 2001). Ce questionnement rejoint un panel de travaux très variés se focalisant sur les formes, dispositifs et instruments de la démocratie délibérative, sur la pluralité des formes de « conception de la conception » des politiques publiques (Bondiaux et Fourniau, 2011 ; Bacqué *et al*., 2005, Bacqué et Sintomer, 2011) . Il fait écho également à d'autres débats dans le champ de l'économie et de la protection sociales, autour de la coproduction des services par leurs usagers-destinataires (Laville, 2006 ; Pestoff et Brandsen, 2008)

Cette convergence étant admise, il est plus facile d'expliquer comment le projet FORAVIQ-MOF est aussi un observatoire de la reconfiguration sociale et politique du *care,* notamment des modalités d'accompagnement et de prise en charge socio-médicale des plus âgées*,* dans un contexte d'accroissement prévisible du nombre des

© IRIT

personnes âgées dépendantes souffrant de la maladie d'Alzheimer et d'autres maladies dégénératives.

2.4. Gérontotechnologies

Le développement de ces objets techniques n'est donc pas neutre au regard du social : leur « utilité » n'est pas le résultat de la seule analyse des « besoins des usagers », mais elle répond à la conjonction de multiples problèmes à résoudre, qu'ils soient scientifiques et techniques au sein de la communauté savante, ou encore politiques, économiques, sociaux, éthiques etc.

Dans le champ de la gérontologie, ces objets techniques sont cependant parés actuellement de vertus magiques. La télésurveillance va permettre de traquer les moindres alarmes dans l'intimité de la personne âgée pour alerter les services d'aide, le télémonitoring se substitue à la visite du médecin, la géolocalisation poursuit le « pépé fugueur ». Mais derrière ces « bonnes intentions » inscrites dans le dispositif se cachent des inscriptions et prescriptions de diverses natures, des attentes, en terme de performance organisationnelle ou économique du système de soin ou de réduction de la dépense publique associée à la dépendance, des référentiels de pratiques professionnelles en mutation, des normes, des catégories, des constructions sociales de la vieillesse…

Les sociologues du vieillissement ont du reste largement interrogé, derrière l'offre technique, le caractère étroit des figures du grand âge, fondée, pour l'essentiel, sur une approche déficitaire et biomédicale, au risque, par exemple d'un confinement sécuritaire des publics construits comme « vulnérables » , voire de leur mise à l'écart du monde social. Ils ont également dénoncés la réduction des personnes âgées à un ensemble de variables biologiques et de risques associés (Clément et al., 1999 ; Caradec, 1999 ; Le Borgne-Uguen et Pennec, 2005). Il est dès lors aisé de comprendre comment le fait d'immerger la gérontotechnologie dans l'univers de la démocratie technique peut apparaître comme une hérésie. La « vulnérabilité », largement questionnée dans la réflexion sur le « *care* » (Tronto, 2009 ; Molinier et al., 2009) est aussi une construction dans l'univers juridique et institutionnelle, qui justifie la limitation du droit d'agir et la mise sous tutelle. En conséquence, on peine à accorder aux publics ainsi qualifiés, le statut de concepteurs potentiels ou de co-constructeurs des dispositifs publics et sociotechniques qui les concernent (Lacour, 2007).

Il y a assurément un défi à vouloir accorder au dispositif sociotechnique, la vocation éthique de repousser les limites de l'autonomie de la personne âgée considérée vulnérable en raison de ses troubles de la mémoire épisodique. Telle est cependant la proposition préalablement « inscrite » dans le projet d'innovation que nous proposons. Tel est le projet de mutation sociétale qui nous motive.

© IRIT

3. OTNI (Objet technique non identifié) : vers des objets-frontières.

3.1. Fonder une communauté d'innovation

La méthodologie que nous avons développée dans le cadre du PEPS InOAAB fait écho aux cinq objectifs proposés par Michel Callon dans le déroulé des processus d'innovation sociale. Le premier objectif est l'établissement d'une liste des « groupes concernés » par l'innovation (inventaire), le second est le recueil de leur interprétation du problème (expression), le troisième une opportunité d'exploration réflexive, notamment par l'accès à de l'information nouvelle (exploration) : le quatrième est l'organisation de situations de confrontations et de débat (confrontation) et le cinquième une situation de formalisation des « problèmes » et de leurs solutions (itération). (Callon, 2007)

Notre démarche vise ainsi, non seulement à « se centrer sur l'usager », selon l'expression admise, mais encore, à prendre acte de la multitude des catégories d'usagers et d'instances qui peuvent contribuer à définir les « utilités » à un objet technique dans le champ de la vieillesse et du care. Elle souhaite impulser, au-delà d'une coopération interdisciplinaire, au sein des communautés de recherche et du développement technologique, la contribution active, participative de personnes concernées, de professionnels, d'institutions, d'organisations diverses se déclarant intéressées.

Produire une arène de dialogue nécessite de lui donner un horizon partagé. Il faut pour cela un problème commun à résoudre. La démarche MOF (Méthodologie de l'objet floue) dans le cadre du projet FORAVIQ-MOF se fonde sur l'énoncé d'une « utilité-prétexte » ainsi formulée : assister des personnes âgées atteintes de troubles de la mémoire épisodique dans leurs déplacements dans un environnement familier qui déborderait de l'espace clos du domicile.

Cette utilité supposée de l'OTNI permet en réalité de travailler depuis de multiples points de vue, le sens de la situation (du « scénario », selon nos amis technologues), depuis des mondes épistémiques, des univers cognitifs, des mondes sociaux, des mondes pratiques différents. En effet l'énoncé proposé n'est consensuel qu'en apparence. Il est le lieu de diverses interprétations, registres de connaissances, angles de perception, appelant un débat sur les utilités et les possibles.

Notre attente est de provoquer une dynamique polyphonique « de science-fiction », c'est-à-dire, de récits de sciences, d'expériences, l'expression de désirs et d'imaginaires de changement, d'utopies. Nous postulons que ce cadre peut être le lieu d'une rencontre de mondes, un événement propre à susciter l'acculturation réci-

© IRIT

proque, mais aussi l'opportunité d'une prise de conscience de la complexité des systèmes sociotechniques virtuellement affectés par le(s) problème(s). En permettant de confronter des projets et des imaginaires du changement souhaitable, elle permet aussi de mettre à jour des intérêts divergents. Elle peut ainsi générer des conflits d'interprétation aux vertus heuristiques et/ou politiques Au total, nous faisons l'hypothèse que le processus va se traduire par l'émergence d' « objets-frontières ».

3.2. Objets-frontières

La notion d'objet-frontière (*boundery object*) a été proposée initialement en 1989 par Susan L. Star et James R. Griesemer. Les chercheurs analysaient l'ensemble des artéfacts et médiations, qui permettent à différentes catégories d'acteurs (chercheurs, gestionnaires, amateurs, bailleurs de fonds, etc ;) de travailler ensemble vers un objectif commun (originellement, la création d'un musée).

Selon Pascale Trompette et Dominique Vinck : «L'objet-frontière est « multiple » : abstrait et concret, général et spécifique, conventionnel et adapté à l'utilisateur, matériel et conceptuel (une base de données, un protocole). Il constitue un pont partiel et provisoire, faiblement structuré dans son usage conjoint et fortement structuré dans son usage au sein de l'un des mondes en présence. Il a différentes significations dans les différents mondes mais celles-ci sont assez structurées pour être reconnues par les autres. » (Trompette & Vinck, 2009, p.8).

En réalité nous nous engageons dans un processus pavés d'objets frontières visant à faire « tenir ensemble », une collaboration multiforme.

- L' « intitulé prétexte » est un « objet frontière », au croisement d'enjeux de politiques publiques différents (politiques sanitaires, médico-sociales, sociales, urbanistiques, technologiques et scientifiques), de préoccupations professionnelles issues du « terrain » : services à la personnes, établissements d'hébergement, professions médicales et paramédicales, mais également de tentations de chercheurs venus d'horizon différents et soucieux de justifier des financements par l'énoncé d'une « utilité sociale ». Cet intitulé renvoie aussi au registre de l'expérience vécue, par des personnes (et non des « usagers »), leurs proches et leurs familles, susceptibles aussi de nous informer.

- La MOF est un objet-frontière en ce que cette démarche s'inspire à la fois du format et du langage des procédures de conception issues des sciences de l'ingénieur (c'est une « plateforme collaborative »), des procédures mises en œuvre dans les dispositifs participatifs et des procédures participatives de recherche, telles que les analyses de groupe et des procédures participatives issue de l'ingénierie participative de la démocratie locale. En réalité, cette démarche est un caméléon propre à s'adapter aux attentes et contraintes des partenaires enrôlés, quitte « à y mettre les

© IRIT

formes ». Notre objet immédiat est donc de travailler sur ces formats d'implication participative, en tenant compte de la multiplicité des attendus, des contraintes objectives d'un certain nombre de partenaires (notamment des difficultés de financement, de disponibilité, puis les barrières classiques, matérielles et symboliques, à l'engagement dans des procédures d'innovation sociale). Il s'agit de s'accorder sur les procédures selon une démarche souple et itérative.

- La MOF est le lieu d'une confrontation scientifique, dont les premiers défis sont de produire les bases d'un Espéranto local, sous l'œil attentif de collègues linguistes travaillant sur les processus d'échanges à l'œuvre dans les communautés scientifiques. Ici, les objectifs ne sont pas communs, mais le challenge est de tenir ensemble les objectifs de chacun. Nous sommes dès lors conscientes de l'importance des relations d'interconnaissance et de confiances tissées dans la durée

- Enfin, la MOF est le lieu de la production d'artefacts en vue d'un éventuel développement technologique, avec son cortège d'objet intermédiaires. En réalité ces objets s'esquissent à la croisée des récits d'acteurs immergés dans des mondes sociaux différents et leurs supports se négocient progressivement. Ils sont porteurs des inerties propres aux environnements dans lesquels sont immergés les acteurs et également des révélateurs de ces inerties. Les récits permettent de converger vers des spécifications consensuelles ou conflictuelles sur lesquelles il faut s'expliquer. Ces objets-frontières peuvent être alors appelés à faire émerger un objet « approprié » et validé ou encore se difracter en une multitude de caractéristiques propres à nourrir l'invention de divers autres objets «utiles ».

4. Divaguer avec le grand âge ou l'art du déplacement

4.1. Dépayser les problématiques sociotechniques autour de la vieillesse

« *Assister des personnes âgées atteintes de troubles de la mémoire épisodique dans leur déplacements, dans un environnement familier mais qui déborderait de l'espace clos du domicile.* » n'est pas un énoncé de hasard. Le choix de cet objectif assigné permet aussi de déplacer l'écosystème du projet de conception vers des terrains moins balisés. Il s'agit de faire divaguer le troupeau communautaire vers une herbe supposée plus verte.

En premier lieu, le projet MOF s'inscrit, nous l'avons dit, en filiation de deux PEPS interdisciplinaires cofinancés par l'INSHS et l'INS2I, qui constituaient en quelque sorte un premier « objet intermédiaire ». Le Programme InOAAB (Indoor Outdoor Actimetry for Autonomy and well-Being) notamment, a été conçu dans une logique de complémentarité avec d'autres projets centrés sur la domotique, il permettait d'investir le « dehors » et d'attirer nos collègues vers des problématiques nou-

© IRIT

velles : la mobilité, la ville numérique, les transitions d'environnements (dedans/dehors), l'articulation et les passerelles entre organisations sociotechniques mises en œuvres par des entités différentes (services de soins, services et réseaux urbains, services à domicile, etc).

D'un point de vue scientifique, le projet suppose la mobilisation de champs scientifiques variées : neurosciences, recherche médicale, études des interactions homme-machine, systèmes ambiants, psychologie du vieillissement, sociologie du vieillissement, sciences du langage, mais aussi, urbanisme, sociologie des pratiques professionnelles etc. La liste ne peut âtre limitative. Il permet de déplacer l'analyse des enchâssements sociotechniques, hors du champ de la prise en charge médicale de la vieillesse et de s'ouvrir au regard de nouveaux partenaires « concernés ». Nous nous donnions l'opportunité, par exemple, de rencontrer les acteurs de l'accessibilité urbaine, de l'habitat et de la gestion du cadre de vie.

La définition du projet FORAVIQ-MOF (Forum collaboratif de conception d'un assistant personnel à l'autonomie et au maintien des activités sociales dans les espaces de la vie quotidienne) clarifie l'inscription du projet dans le champ des sciences sociales. Néanmoins il reste un dispositif d'accueil, une auberge espagnol, propre à laisser s'inviter autour d'un énoncé apparemment circonscrit de nombreuses problématiques de recherches, sur le care, ses organisations et ses éthiques, sur l'évolution des mondes urbains et des modes d'habiter, sur la dimension expérientielle du handicap, de la maladie, du vieillir.

4.2. Dépayser les problématiques sociotechniques autour de la vieillesse

Le projet InOAAB a permis, à travers une enquête de terrain, de cerner quelles attentes, souhaits ou préventions pouvaient être formulés par des praticiens disposant d'une expertise expérientielle (Akrich, 2012) fondée sur des univers différentes (de l'infirmière libérale au personnel d'EPHAD, en passant par les associations d'entraide intergénérationnelle). Nous avons travaillé sur un régime de fiction qui visait à faire émerger un imaginaire technologique à partir de la situation limite que nous avions définie : favoriser la sortie du domicile à des personnes âgées pouvant connaître des troubles de la mémoire épisodique.

Les premières ébauches de spécification ont fait apparaître quelques qualités dont devraient être doté l'OTNI : un objet communicant, voire parlant, qui pourrait être intégré dans l'univers personnel de la personne âgée, au même titre que les autres objets qui l'accompagnent au quotidien et dont certains peuvent être des marqueurs de son identité.

© IRIT

Tel le Jiminy Cricket de Pinocchio, l'objet est ce « compagnon » qui parle à l'oreille, afin de donner sens à la situation, au lieu, informant la personne sur la base de repères intimes en lien avec des procédures de géolocalisation et d'orientation permettant à l'objet de se situer dans l'espace. Ce qu'énonce l'objet réfère à des expériences intimes, à des routines et la voix qui s'exprime est devenue familière.

La découverte de cette dimension langagière de l'OTNI pourrait peut-être relever de ce que Merton appelait dés les années 40, la sérendipité (Merton et Barber, 2002): en effet, la référence à la parole, qui permet de rassurer la personne, de remettre en route des processus routiniers, de retisser une identité narrative (Ricoeur, 1990 et 2000) et de la réinscrire dans des tableaux de vie, dans des environnements, a été évoquée à maintes reprises par les acteurs qui se sont prêtés au jeu de notre « science-fiction » : services à domicile, gériatre en EHPAD, service de soin…Plusieurs déclinaisons ont pu être proposées à cette dimension langagière et une réflexion s'est engagée avec eux sur la manière dont le dispositif sociotechnique pouvait entrer en relation familière avec la personne, sans pour autant que ces esquisses puissent figer les contours de l'OTNI.

Ces différentes spécifications ont fini par trouver une incarnation, dans un artefact qui sert à la fois à nourrir l'imaginaire technologique autour la problématique que nous nous sommes assignées, mais qui sert également de première esquisse à un objet intermédiaire. La figure de Jiminy Cricket, s'est peu à peu imposée, sortant de l'univers ludique pour mieux donner forme à cet objet-assistant, cet objet-compagnon.

5. La MOF en actes.

5.1. Inventaire des groupes concernés et énonciation des désirs de changement

Une première étape de la MOF suppose d'identification des groupes d'acteurs concernés – ce que Callon qualifie d'inventaire (Callon,2007)- Nous la faisons suivre cependant d'une campagne d'enquête qualitative par entretiens auprès de ces différents acteurs. Elle permet de formaliser les différents registres d'interprétation mobilisés autour du problème soumis à nos interlocuteurs, tel que nous l'avons formulé dans l'intitulé de notre « utilité-prétexte ». Ces diverses constructions de sens renvoient à un monde pratique, à une expérience profane. Le corpus permet alors d'établir et de formaliser une synthèse des situations problématiques énoncées, en lien avec cette expertise profane. Il autorise également la différenciation de registres de résolution du problème ainsi qu'une qualification des transformations souhaitées et de la situation idéale (organisationnelle, relationnelle, fonctionnelle) recherchée. Il permet assez rapidement de constituer en base de travail les premières spécifications de l'objet flou en lien avec les évolutions engagées et espérées dans ces divers

© IRIT

mondes pratiques. Pour effectuer cette tâche nous nous appuyons sur l'expertise scientifique de linguistes.

Différents professionnels de l'accompagnement social, médico-social et médical sont sollicités (le dispositif gérontologique local de prise en charge). Nous essayons, dans la mesure du possible, de faire appel à des acteurs intervenant dans des périmètres communs (partiellement partagés) et nous mobilisons les réseaux de collaboration et d'interconnaissance existants. D'autres acteurs sont cependant également mis à contribution dans le secteur de l'habitat : bailleurs sociaux, syndics, techniciens communautaires ou chargés de mission en charge de certaines problématiques liées à l'habitat, au handicap, à l'accessibilité urbaine, voire de la sécurité. La liste des groupes concernés se construit de façon itérative à mesure de la progression de l'enquête et, dans l'idéal, jusqu'à saturation. Nous mobilisons également les associations d'aidants, les associations de séniors et le Conseil des Séniors de Toulouse. Il s'agit de constituer des focus groupes qui puissent s'inscrire dans la durée.

Ce moment d'enquête est suivi d'un temps de décryptage exigeant comprenant l'analyse des entretiens (relations problème(s)/ mondes pratiques ; objets flous/environnements sociotechniques et organisationnels en mutation ; imaginaire technique). Le résultat permet de préparer un document intermédiaire à mettre en partage, mais aussi d'identifier les expertises scientifiques et profanes complémentaires incontournables.

5.2. Ateliers d'échanges de savoir

Une seconde étape suppose un processus d'acculturation collective. Il s'articule autour de l'organisation d'un premier forum « hybride » (deux jours) comprenant, en premier lieu, la présentation et la discussion de la synthèse élaborée préalablement avec les acteurs. Elle sert à étayer la constitution d'un « diagnostic partagé » qui puisse faire état des différentes composantes de la situation problématique (pourquoi est-il impossible ou difficile de sortir quand on est âgé et que l'on a des troubles de la mémoire épisodique), des interprétations convergentes et divergentes. Il s'agit de clarifier pour tous la manière dont s'interpénètrent les environnements socio-organisationnels et sociotechniques. Le forum permet également l'intégration de nouveaux partenaires et l'exposition de connaissances complémentaires. La configuration de ce forum alterne un ensemble de petites conférences et la tenue d'ateliers d'échange de savoirs (AES), des groupes de travails mixtes (acteurs de terrains/acteurs scientifiques). Ils ont pour objet un premier cadrage technique et fonctionnel de l'OTNI. Il s'agit enfin d'impulser l'organisation des ateliers itinérants.

© IRIT

Ces sessions nécessitent une observation et une animation minutieuse, de type analyse de groupe (Van Campenhoudt et *al.,* 2009). Elles feront également l'objet d'un décryptage.

5.3. Ateliers itinérants

Une troisième étape se compose d'un ensemble d'ateliers itinérants, organisés en coopération avec les acteurs de terrain et mobilisant un panel variable d'experts en fonction des points à aborder. Ces ateliers comprennent un temps de présentation par chaque acteur-hôte de son contexte de travail/collaboration (ou de vie) et la mise à l'épreuve réflexive d'une conception plus élaborée et contextualisée de l'objet et de son enchâssement.

Il est possible à l'acteur, à cette occasion, d'inviter des partenaires/collaborateurs susceptibles d'apporter un point de vue complémentaire (par exemple un service d'accompagnement à domicile convie les équipes médicales et médico-sociales de son secteur). La participation des « usagers- destinataires » est envisagée par le biais de focus groupes organisés à Toulouse en collaboration avec le Conseil des Séniors (et d'autres associations). Ces rencontres doivent avant tout permettre de développer un aspect singulier et situé des besoins exprimés et projetés dans l'objet-flou, avec l'assistance d'une expertise scientifique et de terrain appropriée.

Plusieurs ateliers itinérants sont envisagés, avec l'ensemble des groupes concernés. Ils peuvent être accompagnés, le cas échéant, par la présentation de dispositifs existants ou en développement. En cas de besoin, cette phase pourra être complétée d'une session de conférences complémentaires.

5.4. Etablir le champ du possible et analyser les enjeux derrière les utilités

La dernière étape vise à tirer un bilan du processus collaboratif, en particulier lors d'une dernière session de deux jours. Elle a notamment pour objet de définir, dans ses spécifications fonctionnelles et techniques les prémisses d'un développement de l'objet-flou. Il est possible que plusieurs objets s'offrent au développement ou que l'objet conçu rencontre des verrous techniques ou relatifs aux environnements sociaux, qu'il sera important d'énoncer. Il est envisageable que le processus fasse apparaître des positionnements et postures irréductibles quant aux usages projetés dans l'objet. Ceci est en soi un objet d'analyse.

La session permet aussi la rencontre avec un panel de partenaires industriels. Elle vise à tirer un bilan des apports heuristiques du processus collaboratif, par la présentation par les chercheurs impliqués (et les acteurs qui le souhaitent) de résultats ou propositions spécifiques (perspectives en termes de pratiques professionnelles, bilan

© IRIT

en terme d'enchâssements sociotechniques, en terme de sociologie de l'innovation, de *care*, d'apports linguistique, etc.).

Le processus ainsi décrit accueille différents programmes de recherche concomitants. Il est le lieu de convergences et d'interaction de plusieurs finalités scientifiques qu'il faut « tenir ensemble ». En terme de développement technologique, le processus amène progressivement des spécifications et des choix collectifs : il permet d'établir, d'une part, ce qui doit et peut être inscrit dans l'objet d'un point de vue social, éthique, organisationnel et technologique et d'autre part, il permet d'anticiper sur ce qu'il est amené à prescrire en s'ajustant aux transformations organisationnelles souhaitées et négociées par les utilisateurs.

6. Conclusion

La MOF se veut un modeste exercice de démocratie technique. Mais elle cherche, se faisant, à relever le défi de produire un espace de synergie et d'intéressement pour des chercheurs venus d'horizons variés. Elle souhaite conjuguer des objectifs scientifiques disciplinaires et interdisciplinaires diversifiés, à des objectifs de développement technologique. Elle souhaite contribuer à rendre solidaire le processus de conception technique et l'observation de la mutation des mondes pratiques concernés. Sa motivation première et profonde est de contribuer, ici, à renouveler les approches du *care,* de la dépendance et de l'autonomie des personnes « vulnérables » en leur offrant de nouvelles perspectives de capacitation.

BIBLIOGRAPHIE

AKRICH M., CALLON M., LATOUR, B. (1988). A quoi tient le succès des innovations? 1 : L'art de l'intéressement », *Gérer et comprendre, Annales des Mines,* n°11, p.4-17.

AKRICH M., CALLON M., LATOUR, B (1988). A quoi tient le succès des innovations? 2 : Le choix des porte-parole », Gérer et comprendre, Annales des Mines, n°12, p.14-29.

AKRICH M., CALLON M., LATOUR, B (2006). *Sociologie de la traduction, Textes fondateurs*. Paris, Presses de l'Ecole des Mines.

AKRICH M. (1993). Les objets techniques et leurs utilisateurs - De la conception à l'action. *Les objets dans l'action. De la maison au laboratoire*. CONEIN B., DODIER N, THEVENOT L. (dir.), Paris, France, Editions de l'EHESS, pp. 35-57.

AKRICH M. (1998). Les utilisateurs, acteurs de l'innovation, *Education permanente*, n°134, pp. 78-89.

AKRICH M. (2006). La description des objets techniques. *Sociologie de la traduction, Textes fondateurs*. AKRICH M., CALLON M., LATOUR, B., Paris, Presses de l'école des Mines, pp. 159-177.

BACQUE M.H., REY H., SINTOMER Y. (dir.) (2005), *Gestion de proximité et démocratie participative. Une perspective comparatiste*, Paris, France, La Découverte.

BACQUE M.H. et SINTOMER Y. (dir.) (2011). *La démocratie participative, Histoire et généalogie*, Paris, France, La Découverte.

© IRIT

BLONDIAUX L. et FOURNIAU J.M. (2011). Un bilan des recherches sur la participation du public en démocratie : beaucoup de bruit pour rien ?, *Participation*, Vol n°1, pp. 8-35.

CALLON M., LASCOUMES P., BARTHE Y. (2001). *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*. Paris, Le Seuil.

CALLON M. (2006). La Théorie de l'acteur-réseau in *Sociologie de la traduction, Textes fondateurs*, AKRICH M., CALLON M., LATOUR, B., Paris, Presses de l'école des Mines, pp. 159-177.

CALLON M. (2007). L'innovation sociale. Quand l'économie devient politique. *L'innovation sociale. Emergence et effets sur la transformation des sociétés* Klein J.L. et Harrisson D. (dir.), Québec, Canada, Presses universitaires du Quebec.

CARADEC V. (1999). Vieillissement et usage des technologies. Une perspective identitaire et relationnelle. Réseaux, vol 17, n°96, pp. 45-95.

CLÉMENT S., DUBREUIL C., MILANOVIC F. (1999). Figures de la vieillesse et technologie de la vigilance. *Réseaux*, vol 17, n°96, pp. 121-143

GOULET F. et VINCK D. (2012), L'innovation par retrait. Contribution à une sociologie du détachement. *Revue française de sociologie* ,Vol. n°53, p. 195-224.

GREIMAS A. J. (1986), *Sémantique structurale,* Paris, France, Presses Universitaires de France.

HATCHUEL A., MASSON P., WEIL B. « De la gestion des connaissances aux organisations orientées conception », *Revue internationale des sciences sociales*, 1/2002 (n° 171), p. 29-42.

LACOUR C. (2007). *Vieillesse et vulnérabilité,* Marseille, France, Presses universitaires de Marseille.

LAVILLE J.L. (2007). Eléments pour l'analyse du changement social démocratique. in L'innovation sociale,. Emergence et effets sur la transformation des sociétés Klein J.L. et Harrisson D., Québec, Canada, Presses universitaires du Quebec.

LE BORGNE UGUEN, PENNEC S. (2005). Technologies urbaines, vieillissements et handicaps, Rennes, France, Editions de l'Ecole Nationale de Santé Publique.

MERTON R. K. , BARBER E. (2002). *The Travels and Adventures of Serendipity: A Study in Sociological Semantics and the Sociology of Science*, Bologne, Italie, II Mulino.

MOLINIER P., LAUGIER S., PAPERMAN P. (2009). *Qu'est-ce que le care ? Souci des autres, sensibilité, responsabilité.* Paris, France, Petite bibliothèque Payot.

PESTOFF V. et BRANDSEN T. (dir.) (2008). *Co-production. The Third Sector and the delivrery of public services*. London and New York, UK/USA, Routledge.

PROPP V.J. (1970). *Morphologie du conte*. Paris, Le Seuil

RICOEUR, P. (1990). *Soi-même comme un autre*, Paris, France, Le Seuil.

RICOEUR, P. (2003). *La Mémoire, l'Histoire, L'Oubli*, Paris, France, Le Seuil.

THOMAS C. et PASCAL A. (2008). Vers une méthodologie de co-conception orientée usages. *Analyser les usages des systèmes d'information et des TIC, quelles démarches, quelles méthodes* ?, BENEDETTO-MEYER M. et CHEVALLET R. (dir.), Lyon, France, Editions du réseau ANACT .

TROMPETTE P. et BLANCO E. (2009). L'usage en conception - Projeter sans fermer la carrière sociale des innovations. *Comment les acteurs s'arrangent avec l'incertitude*. CHALAS Y.,GILBERT C., VINCK, D. (dir.). Paris, Edition des Archives contemporaines, pp. 97-115.

TROMPETTE P. et VINCK D. (2009). Retour sur la notion d'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances*, Vol. 3, n° 1, p. 5-27.

TRONTO J. (2009). *Un monde vulnérable. Pour une politique du care*. Paris, France, La Découverte.

VAN CAMPENHOULD L., CHAUMONT J.M., FRANSSEN A. (2005). *La méthode d'analyse de groupe. Applications aux phénomènes sociaux*. Paris, France, Editions Dunod.

© IRIT

Déploiement et expérimentation d'un système socio-technique pour la surveillance des activités comportementales de personnes en perte d'autonomie dans un habitat intelligent

▶ Eric Campo (LAAS, Toulouse),
Adrien van den Bossche, Nadine Vigouroux, Frédéric Vella (IRIT, Toulouse),
Xavier Daran (IUT, Blagnac),
Edyta Osuch, Jean-Claude Marquié, Isabelle Etcheverry (CLLE-LTC, Toulouse),

Pierre Rumeau (CHU, Toulouse)

■ RÉSUMÉ • Le maintien à domicile est un élément de réponse à la prise en charge des personnes en perte d'autonomie. La technologie est aujourd'hui suffisamment mûre pour accompagner ces personnes dans leur vieillissement chez elles. Le projet SUIPAD tente d'évaluer l'apport et l'impact de certaines technologies pour le recueil automatique de données ambiantes et physiologiques permettant une bonne connaissance des évènements, des activités et attitudes qui caractérisent le comportement réel de personnes fragiles dans leur environnement de vie ordinaire.

■ MOTS-CLÉS • Maison intelligente, réseau de communication, capteurs ambiants et physiologiques, actimétrie, interfaces utilisateur, accessibilité, fusion de données, base de données, observation comportementale, évaluation cognitive.

■ *ABSTRACT • Home maintenance is a response to the care of people with loss of autonomy. The technology is now mature enough to support these people in their aging home. SUIPAD project attempts to assess the contribution and impact of some technologies for the automatic collection of data for environmental and physiological knowledge of events, activities and attitudes that characterize the actual behavior of frail people in their ordinary living environment.*

■ *KEYWORDS • Smart home, communication network, ambient and physiological sensors, actimetry, user-interfaces, accessibility, data fusion, database, behaviour analysis, cognitive evaluation.*

© IRIT

1. Introduction

L'allongement de la durée de vie entraîne une augmentation du nombre de personnes en situation de perte d'autonomie pouvant conduire à la dépendance (Loones *et al.*, 2008). Ce constat oblige à diversifier les réponses et les modes de prise en charge. L'étendue du service à la personne est sensiblement plus vaste que le seul secteur des personnes âgées, mais ces dernières constituent, par leur importance numérique croissante, un facteur clé de développement du secteur des services à la personne et du maintien à domicile. Parmi les principaux vecteurs de développement, on identifie notamment le besoin de sécurisation d'une personne âgée dépendante ou d'une personne handicapée et également le besoin d'une réponse à l'isolement et au déficit de lien social (Boulmier, 2010). Face à ces besoins, les opérateurs publics ou privés doivent développer des réponses adaptées et innovantes. Dans le domaine des personnes âgées, on peut citer par exemple les services liés à la mobilité (accompagnement dans les déplacements), les services aux aidants familiaux ou encore le développement de l'usage des NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) dans les situations de maladie, de vieillissement ou de perte d'autonomie (Rialle, 2007). C'est dans ce contexte que le projet SUIPAD a été lancé. Il vise à évaluer l'apport et l'impact de certaines technologies pour le recueil automatique de données ambiantes et physiologiques permettant une bonne connaissance des évènements, des activités et attitudes qui caractérisent le comportement réel de personnes âgées dans leur environnement de vie ordinaire. Pour ce faire, cet environnement de vie doit être adapté et adaptable à son occupant de façon la plus transparente possible mais tout en lui conservant la maîtrise de son habitat.

Dans ce papier, nous rappelons les besoins croissants du maintien à domicile, l'objectif du projet SUIPAD, l'infrastructure matérielle et logicielle déployée au sein d'une maison intelligente, et les premiers résultats obtenus.

2. Le maintien à domicile

La question du maintien à domicile renvoie à une problématique actuelle, celle du vieillissement et de la prise en charge de la dépendance (Weber et Verollet, 2011). Elle se justifie autant par une nécessité sociétale que par des aspirations individuelles ou la recherche d'économies dans les dépenses de santé et de protection sociale. Cette problématique s'applique en particulier au cas du suivi des personnes fragiles en perte d'autonomie. Le retour à domicile par exemple nécessite une « organisation » du domicile du patient tirant bénéfice des avancées technologiques et domotiques permettant un suivi médical, social et psychologique adapté et respectueux de la vie privée (Campo *et al.*, 2012). Un certain nombre de questions se posent alors : comment recueillir des données ambiantes permettant une bonne connaissance des évènements, des comportements et attitudes qui caractérisent le fonctionnement des

© IRIT

personnes fragiles (âgées, handicapées, convalescentes) dans leur environnement de vie ordinaire (EVO) ? Comment coupler et synchroniser l'ensemble de ces mesures avec une description fine des comportements pour en retirer toute la signification ? Comment également intégrer d'autres paramètres pertinents comme le statut cognitif et perceptif, l'état de santé, les caractéristiques de l'environnement familial et social, celles du logement,… ? Un suivi à grande échelle est nécessaire pour la preuve scientifique comme pour la faisabilité économique du maintien à domicile. Or la masse de main d'œuvre qui serait nécessaire, au domicile, est en pratique incompatible avec les méthodes d'observation classiques des sciences humaines et sociales (Norimatsu *et al.*, 2008). C'est pourquoi des techniques de recueil et d'enregistrement automatiques à distance sont indispensables. La télémétrie utilisée en physiologie du travail et du sport : ECG (ElectroCardioGraphie), EMG (ElectroMyoGraphie), EEG (ElectroEncéphaloGraphie), mouvements oculaires…, ainsi que la télémédecine (télémonitoring cardiaque ou respiratoire) abordent des problématiques personnelles à faible échelle, et sur des durées limitées par rapport à un suivi de soins de longue durée pour le maintien à domicile (Jaunet Devienne, 2003) (Picard *et al.*, 2008).

Les techniques usuelles d'enregistrement vidéo, d'autoévaluation ou de recueil d'entretiens restent intéressantes mais se heurtent à de grandes difficultés (ex., la lourdeur des dépouillements). Une piste complémentaire est l'analyse des activités quotidiennes de l'usager dans son EVO par l'utilisation des technologies non intrusives de l'information et de la communication. Certains outils proposés reposent sur le suivi spatio-temporel de l'individu, d'autres sur la mesure de ses interactions avec les équipements de son habitat, d'autres encore sur la mesure de paramètres physiologiques, ou l'association de ces différentes possibilités (Chan, 2009).

Nous avons exploré ces aspects dans le cadre d'un projet de recherche applicatif.

3. Le projet SUIPAD

SUIPAD est un projet exploratoire de premier soutien (PEPS) financé par le CNRS. Il propose de mettre en place et d'évaluer un système de suivi de personnes vivant seules dans un contexte écologique (la difficulté habituelle de ces études réside justement dans le fait de réaliser des tâches de laboratoire suffisamment contextualisées) en prenant en compte conjointement l'interprétation socio-psychologique des données actimétriques et interactionnelles avec l'environnement.

Pour atteindre les objectifs visés, le projet SUIPAD fédère des compétences transversales de chercheurs de disciplines (électronique, réseaux, informatique, interaction homme-machine, psychologie, ergonomie, gérontechnologie) associant le domaine des SHS (Sciences Humaines et Sociales) et des STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication) ainsi que du monde clinique.

© IRIT

Le projet SUIPAD comporte globalement deux phases :

- Premièrement, il se focalise essentiellement sur le déploiement de dispositifs de capteurs ou matériels permettant de collecter des données ambiantes, actimétriques et physiologiques rendant compte du comportement réel de l'usager dans son habitat. Cela implique la nécessité de mettre en place une structure de collecte de données et de fusion de données multidimensionnelles et de restitution des résultats d'analyse de ces données.

  L'objectif ultime est de démontrer la faisabilité écologique de l'analyse conjointe de paramètres comportementaux, associés à des paramètres d'ordre cognitif, subjectif et physiologique pour la détection ou la prévention de situations de dangers (difficultés motrices, dérive du rythme circadien des activités et de certaines fonctions physiologiques, désorientation spatiotemporelle, chutes, …).
- Parallèlement, il est nécessaire de permettre à l'usager de pouvoir interagir avec son environnement de manière transparente au travers de commandes intuitives (tactile, reconnaissance vocale ou gestuelle). L'analyse des actions et des interactions de l'individu avec son environnement (actions d'ouverture/fermeture des occultants, allumage/extinction des éclairages, accès/départ au domicile, utilisation d'équipements motorisés …) doit permettre de mieux cerner son profil à la fois perceptif, moteur et cognitif.

4. Un logement accessible et évolutif

4.1. Infrastructure matérielle

Le support servant de lieu d'expérimentation et d'évaluation est la Maison Intelligente (MI) de l'IUT de Blagnac. Cette structure est dotée de services facilitant la vie à domicile pour des personnes souhaitant conserver leur environnement familier nonobstant leurs difficultés physiologiques, psychiques et médicales (Campo, 2011).

La MI a une superficie de 80 m² et elle est construite sur le modèle d'un appartement classique tel que présenté dans la Figure 1.

Figure 1 • Appartement intelligent de l'IUT de Blagnac

© IRIT

On y retrouve plusieurs types d'éléments tels que des meubles à hauteur réglable permettant de s'adapter à la taille de la personne et à son handicap, ou encore des capteurs assurant la sécurité domestique (gaz, fumée, fuite d'eau) et permettant la téléassistance (détecteurs de chute et de présence). Des éléments plus classiques mais qui améliorent grandement le confort des personnes fragiles comme les volets roulants sont également présents. Des capteurs infrarouges permettant de suivre le déplacement de l'habitant ont également été installés. Tous ces éléments, capteurs comme actionneurs, sont interconnectés grâce à un bus filaire au standard KNX (KNX, 2003). Grâce à une dalle tactile qui sert d'interface-utilisateur, elle-même connectée au bus, on peut ainsi piloter l'ensemble des dispositifs implantés dans la maison, ainsi que visualiser les données issues des capteurs. Dans le cadre de ce projet, nous avons également ajouté la possibilité de commander certains équipements de la maison via une interface de commande vocale. Les premiers tests sont concluants. Une interface IP-KNX vient compléter l'ensemble, de façon à pouvoir interagir avec la MI sans limite de distance ni de système, grâce à l'universalité d'IP.

Chaque capteur ou équipement de la maison sollicité inscrit actuellement l'action détectée correspondante dans un fichier journalier, que cette action résulte d'un programme préalablement défini, d'un automatisme ou d'un comportement de l'habitant. Une action correspond donc à une commande qui donne lieu à une trame générale au format XML (eXtended Markup Language) comme on peut le voir sur la Figure 2. Dans cet exemple, la mise en marche du radiateur de la pièce WC est considérée comme une action et est inscrite dans le fichier journalier.

Trame XML d'une donnée capteur :

```
<ACTION>
<DATE>28/03/2012</DATE>
<HEURE>00h09m11s</HEURE>
<TYPECOM>CMD</TYPECOM>
<TYPECAPTEUR>COM</TYPECAPTEUR>
<ETAGE>RDC</ETAGE>
<PIECE>WC</PIECE>
<NOMCAPTEUR>RAD-A+RAD-B</NOMCAPTEUR>
<ETAT>ON</ETAT>
</ACTION>
```

Figure 2 • Trame XML générée par le déclenchement d'un capteur

4.2. Infrastructure logicielle

En plus des équipements existants au sein de la MI et communiquant à l'aide du bus KNX, nous souhaitons intégrer d'autres éléments qui permettront d'enrichir la base de données et d'établir des diagnostics plus élaborés.

La Figure 3 présente la structure des éléments que nous souhaitons interconnecter au sein d'une base de données commune, gérée en MySQL. Une application Web a

© IRIT

été développée à l'aide de l'outil GWT qui permet de réaliser des interfaces utilisateurs personnalisables et performantes en langage Java et compilée en JavaScript pour être exécutée sur le navigateur du poste client. Elle est divisée en deux entités très distinctes : le serveur et le client.

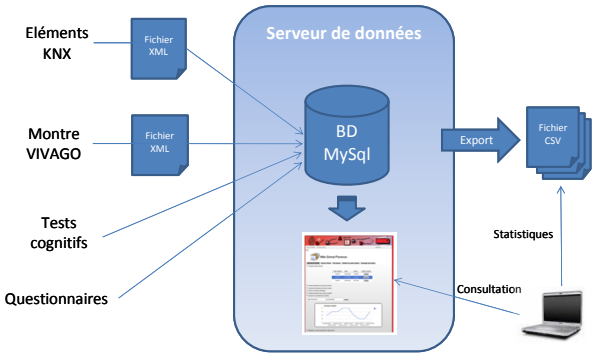


Figure 3 • Trame XML générée par le déclenchement d'un capteur

A ce jour, seules les données XML des éléments (ON/OFF/valeurs) issues des matériels connectés sur le bus KNX et les données d'ordre physiologique (activité de mouvement issues de la montre Vivago) (Vivago, 2012) sont recueillies dans la base de données.

5. Recueil et exploitation des données

5.1. Définition des indicateurs

Nous avons décomposé les indicateurs suivant trois catégories distinctes. Pour chaque catégorie, nous avons déterminé les indicateurs à mettre en place :

- mobilité – chute,
  - nombre de pas, distance parcourue, vitesse
  - nombre et horaires de sorties
  - nombre de chutes, type de chutes, besoin d'intervention
- sommeil,
  - temps et durée de sommeil
  - horaires de sommeil
  - caractéristiques du sommeil (nombre de levers, exception dans les habitudes…)
- nutrition – hygiène.
  - courbe de poids
  - temps passé dans la cuisine et dans la salle de bain
  - horaires de repas

© IRIT

La mesure de ces indicateurs passe la plupart du temps par la prise en compte combinée de plusieurs données capteurs. C'est cette agrégation de données multisensorielles qui permet de remonter à une information enrichie de la situation. Nous avons ainsi pour chaque indicateur fait correspondre les différentes données capteurs nécessaires. Nous avons, pour chaque indicateur proposé, établi les cas d'utilisation correspondant que nous avons ensuite implémentés au niveau de l'interface utilisateur.

L'information fournie à l'utilisateur peut être altérée par la précision des algorithmes de calcul et d'analyse particulièrement quand le nombre de données pour décrire une situation est faible. Il serait ainsi nécessaire de mettre en place un système d'indice de confiance permettant d'informer l'utilisateur du degré de certitude vis-à-vis de l'information communiquée. En effet, il est possible qu'un seul capteur ne nous délivre pas assez d'information.

5.2. Représentation des activités

Une partie importante de l'application concerne la visualisation de l'activité du patient au sein de la maison intelligente. Il s'agit ici de récupérer les données pertinentes via une base de données adaptée et de proposer des courbes d'évolution caractéristiques des activités comportementales de la personne suivie.

La modélisation comportementale est proposée à partir des données de présence et des données issues des actions et interactions de l'individu avec son environnement (actions d'ouverture/fermeture des occultants, allumage/extinction des éclairages, accès au/départ du domicile), de manière, d'une part, à définir son profil perceptif, moteur et cognitif, et d'autre part, à élaborer un premier diagnostic automatique du contexte à visée de dépistage.

L'application propose ainsi 6 types de représentation de l'activité du patient :
- les dernières alertes relevées (chute...),
- entrées et sorties de l'occupant,
- état de l'éclairage de la maison,
- ouverture et fermeture des occultants,
- horaires de réveil et de coucher du patient,
- répartition du temps passé dans chaque pièce.

L'interface développée s'adresse au surveillant de l'application (médecin référent, personnel soignant...) mais également à l'usager lui même. Seuls les droits d'accès différencient les données accessibles par l'un ou l'autre. Le médecin, par exemple, accède à une vue globale de ses patients et quelques informations de l'ordre de l'état civil. Lorsqu'il choisit un patient, il accède à son dossier avec les onglets suivants :

© IRIT

- « Activité du Patient » concernant les données renvoyées par les capteurs de l'habitat. Cet onglet permet un suivi personnalisé du patient dans son habitat.

- « Dossier Patient » contenant les informations personnelles et médicales du patient. Ces données sont modifiables.

- « Plan Maison » qui contient le plan de l'habitat du patient.

La Figure 4 présente un exemple des informations fournies à partir de la base de données.

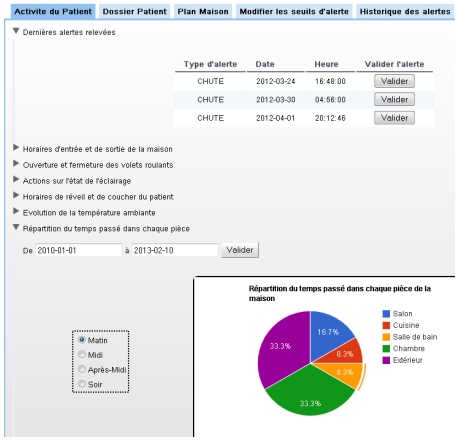


Figure 4 • Interface profil médecin/usager

La Figure 5 montre le suivi de la mobilité et des chutes au cours du temps. En adéquation avec les besoins récoltés auprès des professionnels de santé, ce graphique modélise le nombre de chutes lors des quatre dernières semaines, ce qui permet d'avoir une vision globale du nombre de chutes et du type de chute (avec intervention ou sans). Les deux autres graphiques modélisent la mobilité de la personne suivie. Ils permettent d'observer immédiatement l'évolution de la mobilité de la personne à travers le nombre de changements de pièces (ou de zones) effectués ainsi que le nombre de sorties réalisées par la personne lors des trois derniers mois, montrant clairement si la personne évolue positivement ou non.

© IRIT

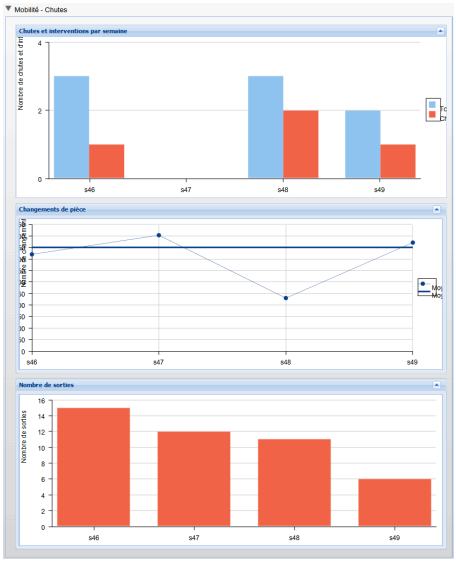


Figure 5 • Visualisation de l'indicateur « Mobilité - chutes »

Une interface spécifique permet également à l'installeur ou la personne en charge du suivi technique de configurer l'habitat en disposant les étages, les pièces et les différents capteurs permettant le suivi du patient (ajout de capteurs, localisation...). Il gère ces aspects directement depuis l'application.

5.3. Discussion

Le travail engagé a permis de développer une infrastructure permettant le recueil de données issues de capteurs ambiants, embarqués ou portés et leur stockage dans une base de données structurée. Ces développements ont utilisé des langages standard (XML, MySQL, Java...). Une application Web a permis d'explorer les possibilités de restitution des données à l'utilisateur en lui fournissant des informations d'activités (indicateurs) de l'usager établies à partir d'un traitement multi-sensoriel des données. Ces indicateurs ont fait l'objet d'une analyse des besoins auprès de professionnels de santé. Les informations fournies seront complétées et corrélées par d'autres éléments d'ordre cognitif ou psychologique (questionnaires, tests) liés à l'usager qui seront prochainement intégrés dans la base de données.

Enfin, une évaluation en conditions de tests réels avec de vrais usagers doit être conduite prochainement.

© IRIT

6. Conclusion

Ce papier présente l'infrastructure technique mise en place pour le recueil de mesures ambiantes et l'observance des activités de vie, l'élaboration d'une structure de stockage et de gestion des données permettant de conduire à une analyse des données comportementales et à un maintien à domicile sécurisé. Les expérimentations se sont déroulées au sein de la "Maison Intelligente" de l'IUT de Blagnac.

L'objectif de ce travail comporte deux phases : l'observation des données liées à l'habitat et à son occupant (ambiance, évènements, activités, comportements) et la corrélation de ces données avec le profil de la personne.

L'approche retenue est celle du suivi spatio-temporel de la personne et de ses interactions avec les équipements de son habitat ce qui permet à la fois de définir son profil perceptif, moteur et cognitif pouvant amener à la détection ou à la prévention de situations de danger (difficultés motrices, troubles du rythme circadien, désorientation spatiotemporelle, chutes, …).

La première partie de ce travail a permis l'évaluation des dispositifs sur le plan technique. Il reste à conduire une évaluation sur les plans de l'utilisabilité et de l'acceptabilité grâce à des modèles utilisés en psychologie ergonomique. Le projet ECAMI qui démarre vise à réaliser cette évaluation avec des personnes âgées.

7. Remerciements

Les auteurs remercient la MSHS_T et le CNRS (PEPS) qui ont soutenu financièrement ces travaux, l'ensemble des partenaires institutionnels et industriels, la société DomoCenter pour sa collaboration dans la définition et l'intégration des dispositifs domotiques, ainsi que la ville de Blagnac, principal financeur de la plateforme Maison Intelligente.

8. BIBLIOGRAPHIE

BOULMIER M. (2010). *Bien vieillir à domicile : enjeux de l'habitat, enjeux de territoires*. Paris : Rapport au secrétaire d'Etat au logement et à l'urbanisme. La Documentation Française, juin 2010, 170 p. Disponible sur internet : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/114000077/index.shtml (consulté le 06 mars 2013).

CAMPO E., DARAN X., REDON L. (2011). Une maison intelligente au carrefour des sciences technologiques et des sciences humaines. *2ème Conférence internationale sur l'accessibilité et les systèmes de suppléance aux personnes en situation de handicap*, Paris, France, p. 33-42.

CAMPO E., ESTEVE D., CHAN M. (2012). Conception d'un habitat adapté pour l'aide à l'autonomie des personnes âgées. *Les Cahiers de l'Année Gérontologique*, Springer, Vol. 4, p. 356-363.

CHAN M., CAMPO E., ESTEVE D. (2009). Smart homes — Current features and future perspectives. *Maturitas*, Vol. 64, p. 90–97.

© IRIT

JAUNET DEVIENNE M-F. (2003). Intérêt de la surveillance de la dépense énergétique par télémétrie : application en physiologie humaine, intérêt en pathologie. *Annales de Biologie Clinique*, Vol. 61, n°2, p. 199-201.

KNX Association (2003). *The KNX Standard 1.1*. Disponible sur internet : http://www.konnex.fr/ (consulté le 06 mars 2013).

LOONES A., DAVID-ALBEROLA E., JAUNEAU P. (2008). *La fragilité des personnes âgées : perceptions et mesures*. CREDOC, cahier de recherche 256, décembre 2008, 83 p. Disponible sur internet : http://www.credoc.fr/pdf/Rech/C256.pdf (consulté le 06 mars 2013).

NORIMATSU H., PIGEM N., BARTHE B., BOUVILLE J-F. (2008). *Les techniques d'observation en sciences humaines*. Armand Collin.

PICARD F., BORDACHAR P., DOS SANTOS P. (2008). Suivi à distance des patients en insuffisance cardiaque. *MT Cardio*, Vol. 4, n°2, p. 104-11.

RIALLE V. (2007). *Technologies nouvelles susceptibles d'améliorer les pratiques gérontologiques et la vie quotidienne des malades âgés et de leur famille*. Paris : Rapport pour le Ministère de la Santé et des Solidarités, mai 2007, 74 p. Disponible sur internet : http://www.globalaging.org/elderrights/world/2007/tech.pdf (consulté le 06 mars 2013).

VIVAGO (2012). Disponible sur internet : http://www.vivago.fr/SAS/ (consulté le 06 mars 2013).

WEBER M., VEROLLET Y. (2011). *La dépendance des personnes âgées*. JO RF conseil économique social et environnemental, juin 2011, 79 p. Disponible sur internet : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/114000337/0000.pdf (consulté le 06 mars 2013).

© *IRIT*

HOMECARE : une plateforme technique de surveillance pour le suivi actimétrique de patients Alzheimer

▶ Fehd Bettahar, Walid Bourennane, Yoann Charlon, Eric Campo (LAAS, Toulouse)

■ RÉSUMÉ • Le projet « HOMECARE » tente d'apporter une réponse à l'accroissement du nombre de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer en proposant une solution technologique bas coût et facile à déployer. L'objectif est d'opérer un suivi continu et automatisé du patient au sein de son environnement de vie. Il s'agit d'un système de surveillance multisensorielle composé d'un réseau de capteurs de mouvement judicieusement répartis, associé à une étiquette électronique sans fil portée par la personne permettant sa localisation et la détection de chutes. Des algorithmes de traitements permettent d'établir un diagnostic de la situation en temps réel et de déclencher des alertes. Une application Web donne accès aux mesures d'actimétrie, permettant aux personnes en charge de la surveillance de suivre l'évolution du comportement de leurs patients. Le système est testé depuis un an dans une unité Alzheimer de l'hôpital de Caussade en France.

■ MOTS-CLÉS • Personnes âgées, unité de soin Alzheimer, système de surveillance intelligent, capteurs de présence, détection de chute, apprentissage des habitudes, interface web.

■ *ABSTRACT • HOMECARE is a Platform to monitor frail patients at home or in institution. The system is composed of motion sensors network, combined with a wireless tag worn on the patient. All the motions are tracked by the system and data stored in a database in real time via wireless links. The system generates through a learning algorithm a behavior model representative of the patient habits. Then a real time application monitors and analyzes gathered data. It sends alerts to the medical team in case of abnormality (fall, immobility, agitation…) and helps them by displaying historical events via a web application. Data processed allow physicians to monitor patients'behavior and help them as soon. The system is testing for one year in an Alzheimer care unit at the Caussade hospital in France.*

■ *KEYWORDS • Elderly, Alzheimer care unit, smart monitoring system, presence sensors network, fall detector, learning habits, web interface.*

1. Introduction

L'amélioration de la qualité des soins et des conditions générales de vie entraîne une augmentation régulière de la durée moyenne de vie. Dans les pays industrialisés,

© IRIT

la proportion des personnes de plus de 65 ans avoisine 16% (Insee, 2012). C'est une population qui, le plus souvent, nécessite un suivi médical régulier pour gérer des maladies devenues chroniques, pour anticiper chez les personnes fragiles (Fried *et al.*, 2001) (Fried *et al.*, 2004) des signes d'apparition de maladies, ou pour surveiller les personnes atteintes de maladies liées au vieillissement naturel. Les personnes âgées ne sont pas seules à avoir besoin d'un suivi régulier sur de longues périodes : malades Alzheimer, personnes handicapées, convalescents, enfants, requièrent aussi des besoins de surveillances continues de même nature.

2. Choix de la technologie

2.1. Les capteurs

Le système HOMECARE se présente pratiquement comme un réseau de « capteurs de présence » répartis dans la zone de vie de la personne : chambre appartement, proximité. Dans la surveillance des personnes, une exigence forte est le respect de leur intimité, ce qui impose que les capteurs soient le moins intrusif possible.

2.1.1. Le réseau de capteurs sans fil

Ce réseau est constitué par deux types de capteurs :

- des capteurs de mouvements infrarouges. Ces capteurs possèdent un module de communication radio intégré. Pour chaque détection, ils envoient une trame radio contenant l'identifiant du capteur vers un récepteur relié à l'organe de collecte de données. Ils possèdent un mode de communication « longue portée » où chaque détecteur peut relayer la trame jusqu'au récepteur. L'autonomie de ces capteurs est comprise entre trois et six mois en fonction du nombre de détections. Le capteur de mouvements est placé au plafond et orienté vers le sol, la zone de couverture est réglable de 1 à 2 m² à l'aide de caches de différentes tailles et formes. En fonction du réglage de la sensibilité (faible, moyenne ou forte), il est capable de détecter du simple passage d'une personne jusqu'au mouvement d'un membre (bras, tête...). L'intervalle de temps entre chaque détection est paramétrable de 0,5 s à 2 s,
- des capteurs de présence piézoélectriques. Ces capteurs se présentent sous la forme d'un coussin plat que l'on place sous le matelas de la personne suivie. Ce sont des capteurs de présence au lit qui détectent les couchers et les levers du patient. Ces capteurs permettent de connaître le nombre de fois où le patient s'est levé ou s'est couché ainsi que le temps passé par celui-ci dans son lit. A partir de ces informations, on enrichit le modèle de comportement de la personne.

C'est un choix déjà ancien qui a conduit à plusieurs études sur la déambulation de certains patients notamment de nuit et sur l'agitation des patients pendant leur sommeil (Campo *et al.*, 2010) (Chan *et al.*, 2003).

2.1.2. Le dispositif porté sans fil

Le système porté, développé au LAAS, se compose de deux parties (Figure 1) :
- un émetteur radio porté par le patient : le TAG ;
- un récepteur radio placé dans la zone à surveiller : la Balise.

La communication radio entre ces éléments exploite la technologie IEEE 802.15.4 (ZigBee, 2005). Le choix de ce protocole est particulièrement adapté à notre application car il consomme très peu d'énergie.

Le dispositif TAG fournit un identifiant lié à la personne instrumentée toutes les 3s. Il transmet également un message radio d'alarme en cas de chute. Un système de contrôle interne de la pile envoie une alerte lorsque la capacité de celle-ci est inférieure à 20%. Avec une consommation moyenne inférieure à 200µA, l'autonomie du TAG est d'environ un mois.

Les dimensions du TAG sont de 3,2*2,2 cm avec une épaisseur de 3,5 mm, son poids est de 5 g. Il y a pour ce TAG embarqué une exigence très forte de miniaturisation car il doit être transparent pour l'utilisateur. Il peut être intégré dans un vêtement, ou intégré dans un collier, un bracelet (Bourennane *et al.*, 2013), ou porté à même le corps (Bourennane *et al.*, 2011).

La Balise géographiquement fixe est alimentée sur secteur. Elle reçoit les données du TAG et les transmet vers la station de collecte (type PC). Le dispositif Balise est constitué de deux parties : le dispositif TAG en configuration récepteur radio, et une carte support pour le TAG associée à un composant qui convertit les données au format TCP/IP. Ainsi, la communication de la balise vers la station centrale s'appuie sur le protocole Ethernet. Afin de maximiser la compatibilité avec les établissements de santé, pouvant ne pas être équipés de connectique réseau, des modules à Courants Porteurs en Ligne (CPL) sont utilisés, en remplacement du bus Ethernet.

En portant le TAG, la personne surveillée par le système HOMECARE est identifiée et elle est localisée, ce qui lui permet de circuler, dans la zone instrumentée par des capteurs, sans contrainte.

© IRIT

2.2. La géolocalisation

Plusieurs méthodes de localisation « indoor » exploitent la puissance du signal radio reçu (RSSI) au niveau des nœuds fixes (Balises) et les combinent pour extraire la position occupée par le nœud mobile (TAG). Ces méthodes comportent plusieurs degrés de complexité en fonction de la précision à atteindre.

Nous citons ci-après trois méthodes de localisation dans l'ordre croissant de complexité :

- la localisation par zones (Wen-Hsing *et al.*, 2010),
- la localisation exploitant des positions de référence du mobile dans son environnement (cartographie du RSSI) (Tsuji *et al.*, 2010),
- la localisation basée sur des modèles mathématiques de propagation des ondes (Navarro-Alvarez, 2009).

Les avantages de la localisation par zones choisie pour notre système sont : un développement logiciel simple et un déploiement rapide sur site. Cette méthode ne demande qu'une simple étape de calibration par rapport aux autres méthodes. Elle consiste à choisir des emplacements « stratégiques » pour les nœuds fixes (Balises) dans le bâtiment de manière à éviter les zones de recouvrement. Le système compare les niveaux de RSSI à chaque instant et choisit le nœud fixe le plus proche du nœud mobile.

La puissance d'émission du TAG est paramétrée pour que sa zone de couverture radio soit adaptée aux zones surveillées. De plus, l'atténuation des signaux par les murs du bâtiment évite les zones de recouvrement.

Nous avons deux types de localisation, la localisation du patient en dehors de sa chambre de vie, c'est-à-dire dans les zones communes de l'institution, et la localisation du patient dans sa chambre. Pour la localisation en dehors de la chambre, nous nous basons seulement sur les balises ZigBee. Par contre dans la chambre et pour affiner la localisation, nous exploitons les détections des capteurs de mouvements infrarouges. La figure 2 explique l'algorithme utilisé.

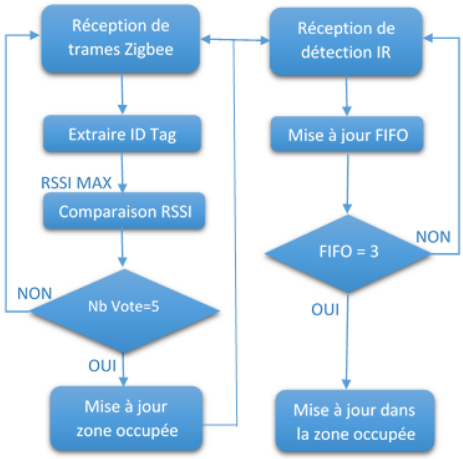


Figure 2 • Algorithme de localisation

2.3. La collecte et le traitement des données

Quand le capteur de présence détecte un mouvement d'un patient, l'application temps réel qui tourne sur un PC central reçoit l'activation via le transmetteur radiofréquence connecté à ce PC. En même temps, le TAG porté par le patient envoie toutes les 3 secondes une trame d'identification aux balises qui par la suite relient cette trame au PC central via les CPL. Les deux informations, infrarouge et ZigBee, sont fusionnées et enregistrées dans la base de données.

La disponibilité d'un système de surveillance peut conduire à des mesures permanentes et donc permet de proposer trois types de surveillance :

- la surveillance dans les périodes d'isolement (intimité) naturelles comme la surveillance de nuit : on peut ainsi accéder à des caractérisations utiles des insomnies, agitations nocturnes, somnambulismes, fugues,
- le suivi longitudinal et la détection précoce des changements comportementaux : l'intérêt est de suivre par exemple l'évolution d'une convalescence ou inversement l'aggravation d'une maladie chronique. Plus largement, cette surveillance, organisée à domicile, peut être une voie de suivi de la « fragilité » telle que caractérisée par les critères de Fried (Fried *et al.*, 2001) (Fried *et al.*, 2004), pour déceler le début d'une affection du vieillissement et la traiter à son stade le plus précoce,
- la surveillance continue de certains risques spécifiques ou de certaines affections en intégrant dans le système HOMECARE d'autres types de capteurs. Ainsi, dans l'expérimentation de l'hôpital local de Caussade (81), les TAG qui équipent

© IRIT

les patients intègrent des accéléromètres 3D pour la détection directe des chutes (Charlon *et al.*, 2011) (Yongli *et al.*, 2012) (Lambardi *et al.*, 2009).

2.3.1. Le modèle de comportement

Notre concept de modèle comportemental est basé sur l'apprentissage du temps passé dans chaque position. Chaque position est caractérisée par son numéro de zone Z et le temps passé par le patient T_s dans cette zone. Afin d'obtenir de meilleurs résultats, on regroupe les données de localisation en fonction des tranches horaires (matin "08h-12h", après-midi "12h-18h", soirée "18h-23h", et nuit "23h-08h") dans un premier temps. Ainsi, pour chaque intervalle de temps, nous obtenons des données dans le format suivant :

Zone	Temps de séjour
Z_1	Ts_1
Z_2	Ts_2
Z_3	Ts_3
.	.
.	.
.	.
Z_n	Ts_n

Dans la seconde étape, on transforme les données de localisation en des séries de déplacements. Chaque déplacement est caractérisé par des coordonnées de départ et de fin (Z, T), permettant d'en déduire le temps de séjour, comme indiqué dans l'exemple suivant :

Zone	Temps de séjour	
Chambre	3550 s	Déplacement
Couloir	4 s	Déplacement
Salle de vie	1650 s	Déplacement
Couloir	10 s	Déplacement
Salle de vie	1436 s	Déplacement
Terrasse	3000 s	

La distance entre deux déplacements est calculée en utilisant la formule LCSS (Longest Common Subsequence) en fonction des coordonnées de la zone (Buzan *et al.*, 2004) (Zhang *et al.*, 2006). Si la distance LCSS = 0, les déplacements sont classées dans une même classe. Si elle est différente de 0, une nouvelle classe est créée. En conséquence, nous obtenons une classe pour chaque déplacement typique. La dernière étape consiste à traiter chaque classe, en utilisant la méthode de classification k-means (Zhang *et al.*, 2006) en fonction du temps passé Ts. Les classes obtenues

sont caractérisées par un centroïde (Ts_n, Ts_{n+1}). En vue de définir des seuils pour la détection des valeurs aberrantes de déplacements, on procède comme suit :

- on définit la classe d'appartenance de chaque déplacement ;
- on calcule la distance Euclidienne moyenne $\bar{x}$ ainsi que l'écart type σ entre chacun des éléments de la classe et le centroïde de celle-ci.

Un déplacement est considéré comme normal si et seulement si :

$$\bar{x} - \sigma \leq d \leq \bar{x} + \sigma \quad (1)$$

où :

d est la distance Euclidienne entre le déplacement en temps réel (Ts_1, Ts_2) et le centroïde (Ts_b, Ts_f) de la classe d'appartenance de ce déplacement.

Dans le modèle en ligne, les déplacements anormaux sont comptés en appliquant la formule (1) sur chaque déplacement en temps réel. R est la proportion entre le nombre de déplacements anormaux et le nombre total de déplacements durant un intervalle de temps, suivant la formule :

$$R = \frac{Nombrededéplacementsanormaux}{Nombrededéplacements} * 100 \quad (2)$$

2.3.2. L'agitation nocturne

Un capteur de mouvement installé au-dessus du lit du patient permet la mesure de l'agitation nocturne de ce denier en comptant le nombre de détection durant les dix dernières minutes. Le profil d'agitation est calculé suivant la formule suivante :

$$P = \frac{N}{det * 60 * 10} * 100 \quad (3)$$

Où :

- N est le nombre de détections dans les dix dernières minutes ;
- det est la fréquence de détection du capteur.

Le seuil de l'agitation S est défini en fonction du profil d'agitation $\bar{x}_p$ et l'écart type σ_p calculés sur les trente derniers jours.

2.3.3. Le mode en ligne

Les seuils issus du modèle comportemental et de l'agitation sont redéfinis chaque jour après le réapprentissage, en prenant en compte toutes les alertes notées vraies. Cette technique ajuste les seuils (*S, R*) ce qui permet au système d'éviter le déclenchement des fausses alertes.

© IRIT

3. Déploiement de la plateforme à l'Hôpital

HOMECARE a été installé à l'Hôpital de Caussade selon l'architecture système déjà décrite sur une chambre, le couloir et le jardin comme l'illustre la figure 3 :

- la chambre est équipée de plusieurs capteurs IR de présence permettant de suivre les déplacements dans la chambre : lit, fenêtre, salle de bain. Le lit est spécifiquement instrumenté d'un capteur de présence particulier (mesure par pesée),
- la chambre, le couloir, les entrées/sorties et le jardin sont équipés de balises détectrices pour identifier le patient et le localiser dans le service,
- les données sont récupérées par différentes voies : HF, réseau ZigBee et courants porteurs,
- le patient est équipé d'un TAG émetteur qui servira à son identification et sa localisation.

Cet Hôpital abrite une unité qui accueille des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer ce qui interdit toute coopération véritable avec le patient et toute tentative de faire porter le TAG de manière visible. Avec l'appui de l'équipe soignante, le TAG a été conditionné pour être placé dans le dos des patients : il semble que ce soit une solution à explorer acceptable, à condition de travailler encore sa miniaturisation.

Figure 3 • Architecture déployée au sein d'une unité de soin Alzheimer

Les capteurs infrarouges ont été déployés dans les zones communes dans le but de suivre l'activité des personnes (patients, personnels, visiteurs) de l'unité. Ce paramètre permet à l'équipe médicale d'identifier les périodes à risques et donc d'améliorer la surveillance.

Deux applications (au niveau logiciel) sont disponibles dans le PC installé dans le local de service du personnel médical :

- une première, qui collecte, enregistre, localise et envoie des alertes sur le téléphone portable du personnel soignant pour le suivi temps réel en cas de déviance dans le comportement du patient surveillé,
- une deuxième, une application Web, permettant aux médecins et autres personnes habilitées de consulter les données patients.

La figure 4 montre le type d'interface tel qu'il a été défini avec l'aide des utilisateurs (personnel médical). Il donne quelques caractéristiques jugées essentielles pour le médecin dans ses observations régulières.

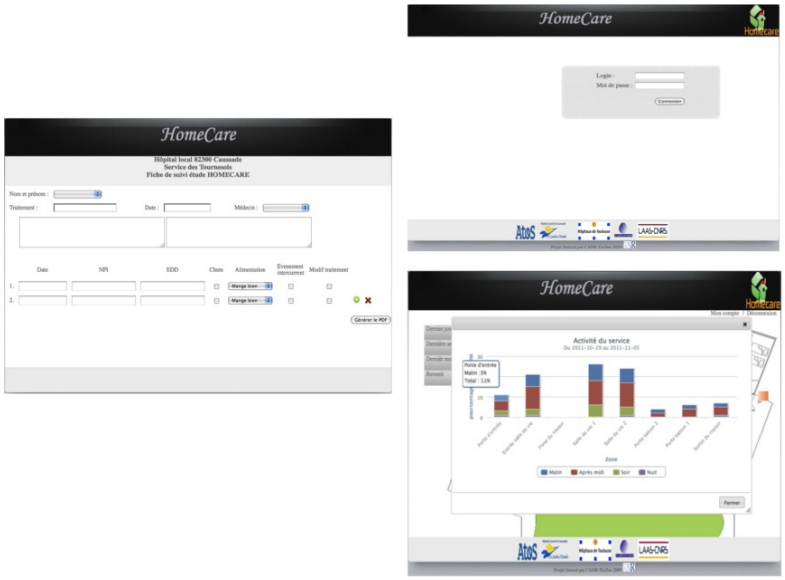


Figure 4 • Capture d'écran de l'application Web

4. Résultats

La figure 5 présente la déviance dans le comportement (R) du patient. Elle est calculée sur une période de 30 jours. La courbe montre que le patient s'est comporté d'une manière inhabituelle par rapport au modèle établi entre le 27-11-2012 et le 29-12-2012, entre 08-12-2012 et le 11-12-2012 sur la période du matin et entre le 30-11-2012 et le 03-12-2012 durant la nuit.

La courbe illustrée par la figure 6 est un exemple de profil d'agitation nocturne. Elle montre les périodes où le patient est agité.

© IRIT

Ces deux informations peuvent être corrélées afin de fournir un modèle complet sur l'activité nocturne du patient qui informe l'équipe médicale.

Sur une période de tests de 63 jours, du 09-10-2012 au 10-12-2012, le système de détection de chutes a enregistré une moyenne d'alertes déclenchées de 1.11 par jour, avec une sensibilité de 78.57% et une spécificité de 95.55% suivant les critères de mesure d'efficacité (Noury *et al.*, 2007).

En résumé, on peut constater dans ces premières expérimentations que le système HOMECARE est techniquement au point et qu'il peut exercer sa fonction de surveillance : identifier, localiser, détecter les déviances comportementales et les chutes. D'autres fonctionnalités sont évidemment envisageables par extension des fonctions capteurs et le développement de logiciels spécifiques à ces fonctionnalités.

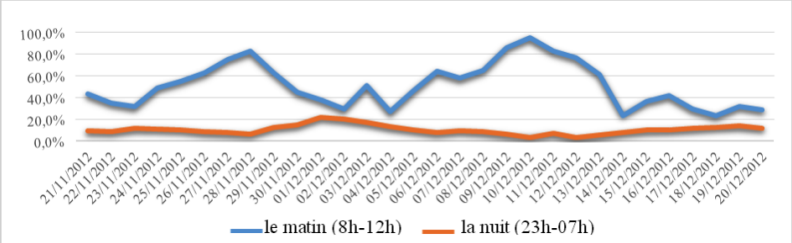


Figure 5 • Déviance dans le comportement (R)

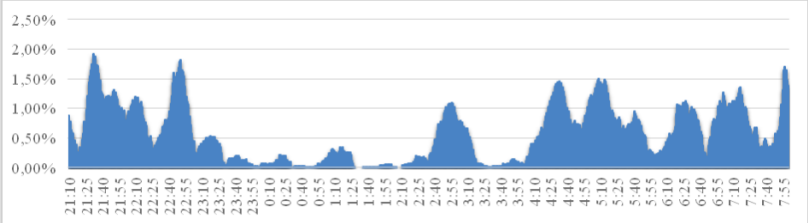


Figure 6 • Exemple de profil d'agitation

5. Conclusion

La proposition technique HOMECARE est celle d'un système composé de capteurs hétérogènes répartis dans l'environnement de vie des patients observés : les données de surveillance sont collectées régulièrement et sont utilisées pour construire un modèle référent du comportement normal. Données courantes et données prédites sont comparées pour réaliser le diagnostic et le lancement d'alertes.

HOMECARE a été expérimenté à l'Hôpital de Caussade avec l'appui du personnel soignant : les résultats obtenus montrent qu'un tel système est opérationnel et peut

être techniquement déployé. Il demande cependant une double validation complémentaire sur un plus grand nombre de cas : validation par les patients et leurs familles dans leur diversité et validation clinique pour établir l'intérêt médical et la connexion avec le système de soins.

6. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le personnel soignant de l'unité Alzheimer de l'hôpital de Caussade pour leur collaboration dans les expérimentations, ainsi que l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-TecSan) et la CNSA pour leur soutien au financement du projet.

7. Bibliographie

INSEE (2012). Institut national de la statistique et des études économiques. Disponible sur internet : http://www.insee.fr/fr/ (consulté le 11 mars 2013).

FRIED LP., TANGEN CM., WALSTON J., NEWMAN AB., HIRSCH C., GOTTDIENER J. (2001). Frailty in older adult's evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, Vol. 56, n°3, p. 146–157.

FRIED LP., FERRUCCI L., DARER J., WILLIAMSON JD., ANDERSON G. (2004). Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, Vol. 59, n°3, p. 255–263.

CAMPO E., CHAN M., BOURENNANE W., ESTÈVE D. (2010). Remote monitoring platform for prevention and detection of elderly deviant behaviour. 3rd *International Conference: E-Medical Systems*, Fes, Maroc.

CHAN M., CAMPO E., ESTEVE D. (2003). PROSAFE, a multisensory remote monitoring system for the elderly or the handicapped. *1st International Conference On Smart homes and health Telematics*, Paris, France, p. 89–95.

ZigBee Alliance (2005). *ZigBee Specification, ZigBee Document 053474r06, version 1.0.* http://www.zigbee.org. (consulté le 11 mars 2013).

BOURENNANE W., BETTAHAR F., CAMPO E. (2013). Self adaptive trajectory learning for monitoring the elderly wandering. *IASTED International Conference Biomedical Engineering*, Innsbruck, Autriche, p. 254‑259.

BOURENNANE W., CHARLON Y., CHAN M., ESTÈVE D., CAMPO E. (2011). Integration of wearable device with actimetry system for monitoring Alzheimer's patients. *International Conference on Wearable Micro and Nano Technologies for Personalised Health*, Lyon, France.

WEN-HSING K., YUN-SHEN C., GWEI-TAI J., TAI-WEI L. (2010). An intelligent positioning approach: RSSI-based indoor and outdoor localization scheme in ZigBee networks. *9th International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Vol. 6, Qingdao, Chine, p. 2754-2759.

TSUJI J., KAWAMURA H., SUZUKI K., IKEDA T., SASHIMA A., KURUMATANI K. (2010). ZigBee based indoor localization with particle filter estimation. *IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*. Istanbul, Turquie, p. 1115-1120.

NAVARRO-ALVAREZ E., SILLER M. (2009). A Node Localization Scheme for Zigbee-based Sensor Networks. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*., San Antonio, USA, p. 728-733.

© IRIT

CHARLON Y., BOURENNANE W., CAMPO E. (2011). Mise en œuvre d'une plateforme de suivi de l'actimétrie associée à un système d'identification. *Symposium Mobilité et Santé*, Ax les thermes, France.

YONGLI G., YIN OS., HAN PY. (2012). State of the art: a study on fall detection. *Man Cybern B Cybern*, Vol. 42, p. 729–739.

LOMBARDI A., FERRI M., RESCIO G., GRASSI M., MALCOVATI P. (2009). Wearable wireless accelerometer with embedded fall-detection logic for multisensor ambient assisted living applications. *IEEE Sensors*, p. 1967–1970.

BUZAN D., SCLAROFF S., KOLLIOS G. (2004). Extraction and clustering of motion trajectories in video. *17th International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 2, p. 521–524.

ZHANG Z., HUANG K., TAN T. (2006). Comparison of similarity measures for trajectory clustering in outdoor surveillance scenes. *18th International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 3, p. 1135–1138.

NOURY N., FLEURY A., RUMEAU P., BOURKE AFF., LOIGHIN GO., RIALLE V., LUNDY JE. (2007). Fall detection. Principles and Methods. *29th International Conference of the IEEE EMBS*, Lyon, France.

Analyse du discours et maladie d'Alzheimer Vers une prise en charge non médicamenteuse de type orthophonique

Hyeran LEE (Praxiling UMR 5267-CNRS & Université Montpellier 3), Melissa Barkat-Defradas (Praxiling UMR 5267-CNRS & Université Montpellier 3)

■ RÉSUMÉ • Dans cet article, nous discutons les enjeux des sciences du langage dans la recherche sur la maladie d'Alzheimer. En particulier, nous décrirons l'intérêt de l'analyse du discours oral spontané afin de concevoir un outil d'évaluation de la capacité linguistique spécifiquement dédié aux patients atteints de la maladie d'Alzheimer et de développer un programme de prise en charge non médicamenteuse de type orthophonique adaptée, visant le maintien, voire l'amélioration, de la capacité communicative des patients souffrant de cette pathologie.

■ MOTS-CLÉS • Maladie d'Alzheimer, analyse du discours, rééducation orthophonique.

■ *ABSTRACT • In this article, we discuss the issues of the linguistic research in Alzheimer's disease. In particular, we draw the interest of the spontaneous speech analysis to develop a language assessment tool adapted to the patients with Alzheimer's disease and a speech therapy (i.e. non-pharmacological treatment), useful for the maintenance or improvement of the communicative capacity of patients suffering from Alzheimer's disease.*

■ *KEYWORDS • Alzheimer's disease, discourse analysis, speech therapy*

© IRIT

1. Introduction

Avec l'allongement de l'espérance de vie, le vieillissement de la population est aujourd'hui au cœur des préoccupations sociales. Ce phénomène démographique impose de relever des défis inédits, la société vieillissante étant inéluctablement confrontée à des maladies dont les taux d'incidence et de prévalence sont fortement associés au grand âge. Parmi ces maladies, la maladie d'Alzheimer représente un véritable problème de santé publique : cette pathologie constituant – en France – la troisième cause de décès des personnes âgées de plus de 65 ans (Amouyel, 2008).

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurodégénérative, caractérisée par l'affaiblissement progressif et irréversible des fonctions cognitives. Ces atteintes sont suffisamment intenses pour retentir sur la vie quotidienne, sociale et professionnelle des patients ; ces derniers perdant progressivement leur autonomie, ils doivent ainsi être aidés et accompagnés (Lee, 2012).

Les besoins spécifiques générés par la maladie d'Alzheimer, couplés à l'absence de traitement préventif et/ou curatif, poussent aujourd'hui l'ensemble des acteurs à mener une réflexion concrète sur les soins non médicamenteux, et ce afin d'accompagner au mieux les patients et leurs aidants. Parmi ces domaines, les sciences du langage apparaissent comme un champ d'investigation pertinent et innovant.

2. Enjeux des sciences du langage dans la recherche sur la maladie d'Alzheimer

La diminution progressive des aptitudes langagières est un élément caractéristique de la maladie d'Alzheimer et de nombreuses études rapportent la présence de troubles du langage – à des degrés différents – à tous les stades de la maladie (Moreaud *et al.*, 2001), (Rousseaux *et al.*, 2010), (Taler et Phillips, 2008). Le déficit linguistique est d'ailleurs décrit dès la première observation clinique de la maladie d'Alzheimer (Alzheimer, 1907). Un nombre croissant de recherches rapportent une présentation atypique de la maladie d'Alzheimer (Dubois *et al.*, 2007) laquelle se caractérise par une détérioration de la capacité langagière comme une manifestation inaugurale de la pathologie (Croot *et al.*, 2000), (Davies *et al.*, 2005), (Galton *et al.*, 2000). D'ailleurs, les études adoptant une approche rétrospective de l'aptitude langagière des patients atteints de la maladie d'Alzheimer ont démontré que les troubles du langage constituent un élément clé pour le diagnostic précoce de cette pathologie (Amieva *et al.*, 2008), (Garrad *et al.*, 2005), (Snowdon *et al.*, 1996). D'après Emery (2000), les troubles du langage s'accroissent avec l'évolution de la maladie selon des étapes prévisibles. Cela signifie que l'apparition progressive de certaines altérations linguis-

© IRIT

tiques peut servir de marqueur de l'évolution de la maladie en indiquant de façon indirecte le degré de sévérité (Bayles *et al.*,1992), (Cardebat *et al.*, 1991). En outre, Hilaire (2000) note que l'émergence de certains troubles langagiers, comme la fréquence des phénomènes anomiques, s'avère être une étape décisive pour le diagnostic différentiel puisque c'est elle qui peut permettre de différencier la maladie d'Alzheimer d'autres formes de démences.

La maladie d'Alzheimer s'exprime par ailleurs, par une série de problèmes cognitifs et comportementaux (Collette *et al.*, 2008). Ainsi, l'examen neuropsychologique joue un rôle central dans le diagnostic de la maladie en permettant la mise en évidence des difficultés cognitives apparaissant de manière progressive (Eustache, 1993). Or, pour étudier les mécanismes qui sous-tendent les troubles cognitifs, la psychologie cognitive n'ayant accès qu'aux productions du sujet, considère qu'elles possèdent en leur sein les marques des mécanismes qui les ont engendrées (Barkat-Defradas *et al.*, 2008), (Brouillet et Syssau, 2000). En ce sens, la production langagière est un objet d'étude privilégié car d'une certaine façon la cognition y est en représentation. Par conséquent, la détermination des indices linguistiques permet d'inférer la nature, les caractéristiques et le fonctionnement des mécanismes cognitifs (Ferrand, 1998). Il est également important de souligner que les performances aux tests neuropsychologiques (e.g. Mini Mental State Examination) (Folstein *et al.*, 1975) reposent largement sur les capacités langagières des sujets, en ce sens qu'elles impliquent la compréhension des consignes, le raisonnement et la réponse verbale (Scarmeas et Honig, 2004).

En outre, les symptômes de la maladie d'Alzheimer se développent progressivement et insidieusement. Ils sont ainsi parfois difficiles à distinguer des manifestations observées dans le contexte du vieillissement cognitif normal, ce qui rend le diagnostic de la maladie d'Alzheimer complexe, en particulier au stade précoce de la pathologie. Le langage est la fonction cognitive la mieux préservée dans le vieillissement cognitif normal (Mathey et Postal, 2008). De ce fait, « *contrairement aux troubles mnésiques, les perturbations linguistiques offrent parfois une sémiologie suffisamment franche pour la distinguer d'emblée des modifications minimes liées au vieillissement normal* » (Eustache, 1993, p. 213).

Enfin, les troubles du langage peuvent être à la source de troubles comportementaux dans la maladie d'Alzheimer : « *le dément, à la différence de tout un chacun, ne possède plus la capacité de mettre des mots sur ses affects. C'est-à-dire que les stress auxquels il est soumis ne sont plus métabolisables comme ils le sont chez les sujets disposant de la fonction cathartique de la parole* » (Ploton, 2001, p. 52). Ainsi, « *l'impossibilité de mettre des mots sur des émotions va jouer un rôle dans la tendance des malades à réagir par des troubles du comportement* » (Ploton, 2009, p.

© IRIT

100). De plus, selon Georges *et al.* (2008), 36% des aidants considèrent l'altération de la capacité de communication comme un symptôme difficile à gérer et 64% des aidés considèrent cette altération comme un symptôme problématique pour demander de l'aide au quotidien.

Les difficultés à exprimer les besoins émotionnels et sociaux des patients augmentent avec la progression de la maladie, ainsi les répercussions sur la qualité de vie des patients et des aidants sont de plus en plus conséquentes. L'étude de la dimension linguistique de la maladie d'Alzheimer prend donc tout son sens et pousse la recherche à explorer de nouvelles perspectives.

3. Intérêts de l'analyse du discours des patients atteints de la maladie d'Alzheimer

Malgré la fréquence et l'importance des troubles du langage chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de test linguistique spécifiquement dédié à cette population.

La plupart des recherches menées dans le domaine du langage des patients atteints de la maladie d'Alzheimer porte sur l'étude expérimentale d'une fonction isolée laquelle est évaluée à l'aide de tests linguistiques standardisés (e.g. dénomination d'image, fluence verbale, etc.), du fait de la simplicité opérationnelle, de leur possible reproductibilité et de leur capacité de standardisation. Comme le démontrent les travaux de Sahraoui (2009), les tâches de type *in vitro* sont essentielles afin de mettre en évidence des patterns de comportement linguistiques variés. Toutefois, sans disqualifier les tests linguistiques standardisés dont l'utilité clinique est indiscutable, il convient de reconnaître que ces dispositifs fournissent des informations très limitées et qu'ils ne parviennent pas toujours à mettre en évidence la variabilité et la singularité des sujets parlants (Chand *et al.*, 2010). Par ailleurs, ils sont parfois appliqués de manière mécanique et leur validité écologique peut être mise en doute (Singh *et al.*, 2001). En effet, le score des tests linguistiques standardisés ne reflète pas forcément le vrai niveau de la capacité communicationnelle des patients atteints de la maladie d'Alzheimer, du fait de l'absence d'informations relatives au contexte socio-psychologique dans lequel le langage est naturellement produit (Sabat, 1994). Le développement de méthodes d'évaluation plus écologiques (i.e. réduction des écarts entre la capacité langagière observée dans un cadre clinique et dans la vie quotidienne) permettrait ainsi de mieux appréhender la richesse des profils linguistiques associés à la maladie d'Alzheimer.

Après une revue de la littérature exhaustive sur le langage des patients Alzheimer, Taler et Phillips (2008) ont conclu qu'une des méthodes les plus prometteuses pour

© IRIT

étudier les changements précoces de la performance linguistique dans la maladie d'Alzheimer repose sur l'analyse du discours oral. En effet, cette approche permet de dépasser la prise en compte figée d'éléments linguistiques isolés et d'appréhender les structures et le fonctionnement transphrastique d'un acte linguistique en se rapprochant ainsi d'une situation de communication naturelle. Par ailleurs, le discours oral comportant une hétérogénéité de faits langagiers et une grande densité de phénomènes, son analyse peut fournir des informations essentiels : certains phénomènes oraux tels que les énoncés inachevés, les substitutions, les omissions, les répétitions, les interjections, les autocorrections, etc. sont autant d'indices permettant d'observer plus aisément la planification du discours et les aspects dynamiques de la conceptualisation en cours (Lee *et al.*, 2009). Enfin, l'analyse des productions orales permet d'évaluer les personnes atteintes de démence sévère, qui ne peuvent plus accomplir les tests neuropsychologiques formels (Bucks *et al.*, 2000).

4. Vers une prise en charge non médicamenteuse de type orthophonique

Malgré des recherches actives, il n'existe pas de traitement pharmacologique qui permet de prévenir, de stabiliser l'évolution et encore moins de guérir la maladie d'Alzheimer. Ainsi, les recherches sur les moyens de prise en charge non médicamenteuse sont en pleine effervescence. Aujourd'hui, avec l'importance d'une prise en charge de la communication des patients atteints de la maladie d'Alzheimer, les recherches concernant la thérapie orthophonique correspondent à une commande médico-sociale très actuelle (Gautron *et al.*, 2010), (Rousseau, 2005). En effet, plusieurs raisons promeuvent la question du développement des prises en charge non médicamenteuses de type orthophonique visant à améliorer la capacité de communication des patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Celles-ci permettent en effet de contribuer au maintien de l'identité individuelle et sociale des patients et à leur revalorisation, d'éviter l'aggravation de la maladie, et de stimuler les capacités cognitives résiduelles pour, *in fine*, faciliter les soins (Khosravi, 2007).

Dans les années à venir, les orthophonistes seront amenés à prendre en charge toujours plus de patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Toutefois, il convient de noter que la plupart des outils dont dispose l'orthophoniste ont été développés dans le cadre de l'aphasiologie et ne sont pas forcément adaptés pour rendre compte de la spécificité du déficit linguistique observé dans la maladie d'Alzheimer (Bucks *et al.*, 2000), (Devevey, 2001). On saisit ainsi toute l'importance d'investiguer plus avant les phénomènes langagiers propres à cette maladie pour développer et conduire une prise en charge de qualité.

© IRIT

Witko (sous presse) recommande de s'engager dans la linguistique de corpus en orthophonie, qu'elle nomme l'Analyse de Corpus en Orthophonie (ACO), car celle-ci « *se trouve naturellement convoquée pour traiter des données langagières situées, inédites et personnalisées recueillies tout au long d'un suivi thérapeutique* ». Elle argue que « *caractériser la pathologie autrement que par des scores, des écarts types et des moyennes paraît indispensable pour décrire des tableaux cliniques, trouver les moyens d'analyser des productions langagières en lien avec les éléments situationnels qui nourrissent le cadre thérapeutique* ».

Face à la rareté des études portant sur le discours oral spontané des patients souffrant de la maladie d'Alzheimer lesquels sont confrontés quotidiennement aux problèmes de communication, les cliniciens, les thérapeutes et les aidants ont besoin de disposer de méthodes d'évaluation du langage. Actuellement, de plus en plus de chercheurs s'intéressent au discours spontané, à l'évaluation et à la prise en charge de la communication dans la maladie d'Alzheimer (Bucks *et al.*, 2000), (Gayraud *et al.*, 2011), (Lee, 2012).

En effet, une prise en charge efficace est fondée sur un bilan précis du profil linguistique. La détermination de l'altération et de la préservation de la capacité linguistique à partir de l'analyse du discours spontané permettrait d'orienter les patients vers des prises en charge ciblées et spécifiques afin d'optimiser les capacités subsistantes et de développer des techniques susceptibles de maintenir et/ou d'améliorer la communication des sujets souffrant de la maladie d'Alzheimer.

5. Perspectives

Malgré les nombreux avantages que présentent le discours oral, son évaluation est souvent limitée. En effet, l'Analyse de Corpus en Orthophonie confronte les praticiens à un recueil et à un traitement de données conséquents. La rapidité, l'objectivité, l'efficacité étant inhérentes à la pratique orthophonique, ceci conduit à réfléchir à la mise en œuvre de l'Analyse de Corpus en Orthophonie dans le contexte clinique. Un ensemble très varié d'outils de traitement automatique du langage naturel payants (Alceste, Cordial, Hyperbase, Lexico3...) ou gratuits (CLAN, Praat, Densidées), sont désormais disponibles pour relever les défis qui s'imposent aux praticiens. En outre, il semble indispensable et novateur de développer de nouveaux outils informatiques facilitant l'exploitation des données langagières pathologiques, la réduction du temps d'analyse et le biais lié à la subjectivité des évaluateurs.

Selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé (2011), la prise en charge orthophonique de la maladie d'Alzheimer « *vise à maintenir et à adapter les fonctions de la communication du patient (parole, langage et autres) et à aider la*

© IRIT

famille et les soignants à adapter leur comportement aux difficultés du malade » (p. 18). D'après Dijkstra *et al.* (2004), l'entraînement aux techniques de communication permet aux aidants de surmonter certaines difficultés communicationnelles avec les patients atteints de la maladie d'Alzheimer, ce qui permet, par conséquent, de réduire le stress des soignants. Dans ce sens, l'étude de Green et Bevan (2009) serait intéressante à répliquer en langue française. Ces auteurs ont conçu un programme informatique permettant de pratiquer la conversation avec un patient atteint de la maladie d'Alzheimer virtuel – qui simule les comportements verbaux et non verbaux caractéristiques de ce type d'interlocuteur – via l'ordinateur. Green et ses collègues ont observé une augmentation de l'utilisation des techniques de communication recommandées dans la vie quotidienne après l'entraînement. Il serait ainsi intéressant de mettre à disposition des aidants ce genre de dispositifs.

6. Conclusion

Le langage intervient dans différents domaines d'accompagnement des patients atteints de la maladie d'Alzheimer : pour l'évaluation neuropsychologique, pour la prise en charge non médicamenteuse, pour l'entretien de la relation et le maintien de l'activité sociale. L'analyse du discours participe à une meilleure compréhension de la diversité des profils linguistiques des patients. Cela permet par conséquent d'ouvrir des perspectives de recherches tant au niveau de l'évaluation que de l'intervention.

L'étude approfondie des effets de la maladie d'Alzheimer sur la sphère linguistique pourrait ainsi avoir de nombreuses retombées positives : premièrement, cela permettrait d'ouvrir de nouvelles pistes de dépistage et de prévention de la maladie d'Alzheimer. Deuxièmement, l'évaluation précise et précoce de la maladie d'Alzheimer permettrait d'inscrire les patients le plus tôt possible dans une filière de soin adaptée. Troisièmement, l'évaluation de la progression des troubles permettrait d'adapter, étape par étape, un programme spécifique de remédiation et une activité de stimulation. Enfin, cela permettrait aux patients et aux aidants de mieux affronter la maladie par une meilleure compréhension des atteintes langagières, ce qui pourrait contribuer à retarder l'isolement social des patients, à préserver leur autonomie et à améliorer leur qualité de vie.

BIBLIOGRAPHIE

ALZHEIMER A. (1907). Über eine eigenartige Erkrankung der Hirnrinde. *Allgemeine Zeitschrift fűr Psychiatrie*, Vol. 64, p. 146-148.

AMIEVA H., LE GOFF M., MILLET X., ORGOGOZO J., BARGERGER-GATEAU P., JACMIN-GADDA H., DARTIGUES J. (2008). Prodromal Alzheimer's disease : successive emergence of the clinical symptoms. *Annals of neurology*, Vol. 64, p. 492-498.

© IRIT

AMOUYEL P. (2008). Le vieillissement et ses pathologies en quelques chiffres. In K. DUJARDIN, P. LEMAIRE (Eds.). *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique*. Issy-les-Moulineaux, France, Elsevier Masson, p. 3-10.

BARKAT-DEFRADAS M., MARTIN S., RICO-DUARTE L., BROUILLET D. (2008). Les troubles du langage dans la maladie d'Alzheimer. *Actes des 26ème Journées d'Etude sur la Parole*, Avignon, France. Disponible sur Internet : http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/32/12/33/PDF/Langage_et_Alzheimer_2008_barkat-defradas.pdf (Consulté le 11 mars 2013).

BAYLES K., TOMOEDA C., TROSSET M. (1992). Relation of linguistic communication abilities of Alzheimer's patients to stage of the disease. *Brain and Language*, Vol. 42, p. 454-472.

BROUILLET D., SYSSAU A. (2000). *Le vieillissement cognitif normal. Vers un modèle explicatif du vieillissement*. Bruxelles, Belgique, De Boeck & Larcier.

BUCKS R., SINGH S., CUERDEN J., WILCOCK G. (2000). Analysis of spontaneous, conversational speech in dementia of Alzheimer type : evaluation of an objective technique for analyzing lexical performance. *Aphasiology*, Vol. 14, p. 71-91.

CARDEBAT D., DEMONET J, PUEL M., NESPOULOUS J., RASCOL A. (1991). Langage et démences. In M. HABIB, Y. JOANETTE, M. PUEL (Eds.). *Démences et syndromes démentiels : approche neuropsychologique*. Paris, Masson, p. 153-164.

CHAND V., BAYNES K., BONNICI L., TOMASZEWSKI FARIAS S. (2010). Analysis of idea density (AID) : A manual. Disponible sur Internet : http://mindbrain.ucdavis.edu/labs/Baynes/AIDManual.ChandBaynesBonniciFarias.1.26.10.pdf (Consulté le 11 mars 2013).

COLLETTE F., FEYERS D., BASTIN C. (2000). La maladie d'Alzheimer. In K. DUJARDIN, P. LEMAIRE (Eds.). *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique*. Issy-les-Moulineaux, France, Elsevier Masson, p. 105-122.

CROOT K., HODGES J., XUEREB J., PATTERSON K. (2000). Phonological and articulatory impairment in Alzheimer's disease : a case series. *Brain and language*, Vol. 75, p. 277-309.

DAVIES R., HODGES J., KRIL J., PATTERSON K., HALLIDAY G., XUEREB H. (2005). The pathological basis of semantic dementia. *Brain*, Vol. 128, p. 1984-1995.

DEVEVEY A. (2001). *Aspects lexico-sémantiques du langage dans la maladie d'Alzheimer. Nouvelles perspectives de recherche*. Thèse de doctorat, Université Lumière-Lyon 2.

DIJKSTRA K., BOURGEOIS M., ALLEN R., BURGIO L. (2004). Conversational coherence: discourse analysis of older adults with and without dementia. *Journal of Neurolinguistics*, Vol. 17, p. 263-283.

DUBOIS B., FLDMAN H., JACOVA C., DEKOSKY S., BARBERGER-GATEAU P., CUMMINGS J., DELACOURTE A., GALASKO D., GAUTHIER S., JICHA G., MEGURO K., O'BRIEN J., PASQUIER F., ROBERT P., ROSSOR M., SALLOWAV S., STERN Y., VISSER P., SCHELTENS P. (2007). Research criteria for the diagnosis of Alzheimer's disease : revising the NINCDS-ADRDA criteria. *The Lancet neurology*, Vol. 6 n° 8, p. 734-746.

EMERY V. (2000). Language impairment in dementia of the Alzheimer type : A hierarchical decline ? *International journal of psychiatry in medicine*, Vol. 30, p. 145-164.

EUSTACHE F. (1993). Langage, vieillissement et démences. In F. EUSTACHE, B. LECHEVALIER (Eds.). *Langage et Aphasie, Séminaire Jean-Louis Signoret*. Bruxelles, De Boeck Université, p. 205-228.

FERRAND L. (1998). Encodage phonologique et production de la parole. *L'année psychologique*, Vol. 98 n° 3, p. 475-509.

FOLSTEIN M., FOLSTEIN S., MAC HUGH P. (1975). Mini Mental State : a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, Vol. 12, p. 189-198.

© IRIT

GALTON C., PATTERSON K., XUEREB J., HODGES J. (2000). Atypical and typical presentations of Alzheimer's disease : a clinical, neuropsychological, neuroimaging and pathological study of 13 cases. *Brain*, Vol. 123, p. 484-498.

GARRAD P., MALONEY L., HODGES J., PATTERSON K. (2005). The effects of very early Alzheimer's disease on the characteristics of writing by a renowned author. *Brain*, Vol. 128 n° 2, p. 250-260.

GAUTRON C., GATIGNOL P., LAZENNEC-PREVOST G. (2010). Bénéfices de la stimulation orthophonique de groupe de patients Alzheimer et évolution de l'accès au lexique au cours de la maladie. *Glossa*, Vol.109, p. 72-92.

GAYRAUD F., LEE H., BARKAT-DEFRADAS M. (2011). Syntactic and lexical context of pauses and hesitations in the discourse of Alzheimer patients and healthy elderly subjects. *Clinical linguistics & phonetics*, Vol. 25 n° 3, p. 198-209.

GEORGES J., JANSEN S., JACKSON J., MEYRIEUX A., SADOWSKA A., SELMES M. (2008). Alzheimer's disease in real life – the dementia career's survey. *International journal of geriatric psychiatry*, Vol. 23 n° 5, p. 546-551.

GREEN N., BEVAN C. (2009). Efficacy of active participation in conversation with a virtual patient with Alzheimer's disease. *Actes du colloque Virtual healthcare interaction, AAAI Fall symposium*, Virginia. Disponible sur Internet : http://www.aaai.org/ocs/index.php/FSS/FSS09/paper/viewFile/865/1177 (Consulté le 11 mars 2013).

HAUTE AUTORITE DE SANTE (2011). Maladie d'Alzheimer et Maladie apparentées : diagnostic et prise en charge. Disponible sur Internet : http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2011-12/recommandation_maladie_d_alzheimer_et_maladies_apparentees_diagnostic_et_prsie_en_charge.pdf (Consulté le 11 mars 2013).

HILAIRE G. (2000). *Approche psycholinguistique de la dénomination d'objets naturels et manufacturés à partir d'images, de bruits et d'odeurs : le cas des patients Alzheimer*. Thèse de doctorat, Université Lumière-Lyons 2.

KHOSRAVI M. (2007). *La communication lors de la maladie d'Alzheimer et des troubles apparentés*. Rueil-Malmaison, Doin éditeurs.

LEE H. (2012). *Langage et maladie d'Alzheimer : Analyse multidimensionnelle d'un discours pathologique*. Thèse de doctorat, Université Paul-Valéry, Montpellier 3.

LEE H., BARKAT-DEFRADAS M., GAYRAUD F. (2009). Le vieillissement normal et pathologique du langage : étude comparative des discours oraux. *Actes des 6ème journées internationales de Linguistique de Corpus*, Lorient. Disponible sur Internet : http://www.academia.edu/984348/Le_vieillissement_normal_et_pathologique_du_langage_etude_comparative_des_discours_oraux (Consulté le 11 mars 2013).

MATHEY S., POSTAL V. (2008). Le langage. In K. DUJARDIN, P. LEMAIRE (Eds.). *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique*. Issy-les-Moulineaux, France, Elsevier Masson, p. 79-102.

MOREAUD O., DAVID D., CHARNALLET A., PELLAT J. (2001). Are semantic errors actually semantic ? Evidence from Alzheimer's disease. *Brain and language*, Vol. 77, p. 176-186.

PLOTON L. (2001). La question de l'articulation neuro-psychique, illustrée par le débat sur la psychogenèse de la maladie d'Alzheimer. *Gérontologie et société*, Vol. 97, p. 49-62.

PLOTON L. (2009). A propos de la maladie d'Alzheimer. *Gérontologie et société*, Vol. 128-129, p. 89-115.

ROUSSEAU T. (2010). La prise en charge des patients Alzheimer par les orthophonistes : nécessité et urgence. *L'Orthophoniste*, Vol. 252, p. 8-9.

© IRIT

ROUSSEAUX M., SEVE A., VALLET M., PASQUIER F., MACKOWIAK-CORDOLIANI M. (2010). An analysis of communication in conversation in patients with dementia. *Neuropsychologia*, Vol. 48, p. 3884-3890.

SABAT S. (1994). Language function in Alzheimer's disease : a critical review of selected literature. *Language and Communication*, Vol. 14, p. 331-351.

SAHRAOUI H. (2009). *Contribution à l'étude des stratégies compensatoires dans l'agrammatisme. Approche neuropsycholinguistique de la performance de six locuteurs agrammatiques en production orale : caractérisation quantitative et fonctionnelle des variabilités*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.

SCARMEAS N., HONIG L. (2004). Frontotemporal degenerative dementia. *Clinical neuroscience research*, Vol. 3, p. 449-460.

SINGH S., BUCKS R., CUERDEN J. (2001). An evaluation of an objective technique for analyzing temporal variables in DAT spontaneous speech. *Aphasiology*, Vol. 15 n° 6, p. 571-583.

SNOWDON D., KEMPER S., MORTIMER J., GREINER L., WEKSTEIN D., MARKESBERY W. (1996). Linguistic ability in early life and cognitive function and Alzheimer's disease in late life. Findings from the Nun Study. *Journal of the American Medical Association*, Vol. 275, p. 528-532.

TALER V., PHILLIPS, N. (2008). Language performance in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment : A comparative review. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, Vol. 30, p. 501-556.

WITKO A. (Sous presse). Corpus et pathologie du langage. Quelle approche en orthophonie-logopédie ? *Actes du 7ème Colloque Jeunes Chercheurs Praxiling*, Montpellier. *Cahier de Praxématique*.

© IRIT

FilHarmonie, une aide mémoire au bout du fil

Jeremy Bourgeois[1], P.H.Robert [1,2], Daniel Coya[3], Annie Ferkous[3]

[1] EA CoBTeK, University of Nice Sophia Antipolis, France

[2] Centre Mémoire de Ressources et de Recherche, CHU de Nice, Nice, France.

[3] SAS Alzariane

Résumé

Selon un traité de psychologie clinique sur la rééducation des troubles de la mémoire, (Andrewes et Gielewski, 1999) : « L'approche « musculaire » de la mémoire a montré son inefficacité, les aides externes ne sont plus considérées comme des « béquilles » empêchant la mémoire de travailler ».
Wilson (1995) a décrit le fonctionnement indépendant d'un jeune patient utilisant un dictaphone, une montre alarme, une série de post-it, une liste de contrôle. Cette étude montre le bénéfice d'une gestion active de supports externes qui permettent de réduire l'impact des déficits mnésiques sur son fonctionnement quotidien.

Ceci implique qu'un outil en capacité d'offrir à des patients un apprentissage pour entraîner des routines, couplé avec des fonctionnalités avancées d'aide aux déplacements, constitue le meilleur atout pour retrouver ou conserver une certaine autonomie.
FilHarmonie a relevé le défi.

Le vieillissement normal ou dans le cadre de pathologies comme la maladie d'Alzheimer a des conséquences sur les comportements et l'autonomie. Dans ce contexte, l'utilisation et l'aide apportée par les nouvelles technologies de l'information et de la communication [nTIC] sont en plein développement et peuvent être un support tant pour l'évaluation que pour une aide directe des usagers.

Cette solution a donc été proposée à des personnes âgées, entre 66 et 82 ans, leur mémoire procédurale étant intacte, il convenait de vérifier si

© IRIT

l'automatisation de la manipulation de l'appareil afin de l'utiliser efficacement en tant qu'aide, était réalisable.

Mots clés

Dispositif de renforcement, mémoire, planification, désorientation spatiotemporelle, apprentissage, autonomie, analyse, veille, comportements, décomposition, relance, lien, alerte, relais.

Abstract

According to a treatise on clinical psychological rehabilitation of memory disorders (Andrewes and Gielewski, 1999), approach of memory as a "muscle" has shown its inefficiency, external aids no longer being considered as "crutches" preventing memory to work.

Wilson (1995) described the independent functioning of a young patient using a dictaphone, a watch alarm, series of post-it and a checklist. Today, entrusting part of deficient patient functions to external aid reduces the impact of memory deficits on daily functioning.

This implies a tool able to offer patients case learning routines, coupled with advanced support for travel, the best thing being to find or retain certain autonomy.

FilHarmonie raised the challenge.

Normal aging or under conditions such as Alzheimer's disease affects behavior and autonomy. In this context, the use and support provided by the new technologies of information and communication [ICT] are under development and may support both evaluation than direct aid users.

This solution has been proposed to seniors between 66 and 82 years having an intact procedural memory in order to verify the feasibility of the device handling automation to use it efficiently as a helper.

Key words

Reinforcing device, memory, planning, spatiotemporal disorientation, learning, autonomy, analyze, watch, behaviors, break down, revival, link, alert, relay.

© IRIT

Le dispositif FilHarmonie

FilHarmonie est un dispositif de renforcement destiné à **soutenir** le fonctionnement quotidien de personnes ayant des difficultés de mémoire, d'orientation spatio-temporelle, de planification, et permettre d'organiser leurs activités, seules, sans rien oublier.

Cette solution est un système intelligent non marginalisant, basé sur un téléphone portable dernière génération qui va **accompagner** l'utilisateur tout au long de la journée et s'adapter à ses exigences.

Il **décompose** les tâches en temps et en heure, **rappelle** les instructions, **veille** au départ en cas de rendez-vous extérieur, et **relance** en cas de retard. Il **visualise** et **analyse les déplacements** quand l'activité est extérieure en vérifiant certains paramètres (tels que diverger, tourner en rond, s'arrêter trop longuement..) pour aider la personne en cas de problème détecté, et en cas de comportement inadapté, envoie un SMS au référent qui prendra le relais.
Ce **mode SOS** qui assure un lien avec l'entourage est déclenché de manière automatique ou manuelle par mode vocal ou messages écrits.

A qui s'adresse-t-il ?

A toute **personne ayant des difficultés de mémoire, d'orientation spatiotemporelle, de planification**, désirant travailler leur **autonomie**, avec l'appui d'un **référent**. La possibilité d'un mode vocal complète ce dispositif.

1. Genèse du projet

Le principe est d'éviter au patient toute manipulation sur le terminal nomade et d'avoir un instrument intuitif qui anticipe les mises en échec. FilHarmonie va donc proposer à l'utilisateur des informations qui viendront sur le téléphone en temps et en heure, sans qu'il ait à se soucier d'ouvrir une application, ou de rechercher une donnée.

Un référent (professionnel, membre de la famille ou de l'environnement) paramètrera sur un site internet les différents rendez-vous ou objectifs que doit atteindre le patient. Ces données seront transmises automatiquement sur un téléphone dont la vocation sera d'aider et d'assister l'utilisateur tout au long de la journée.

Le référent peut donc travailler à distance, et à tout moment de la journée (pour rajouter une information par exemple).

© IRIT

Une fois l'agenda rempli par le professionnel ou l'environnement, le patient, dans la mesure de ses capacités, pourra compléter, modifier, rajouter les informations pertinentes et personnelles qui lui permettront de gérer seul ses actes de la vie quotidienne.

Certains utilisateurs disent à ce propos retrouver un peu de dignité, ils n'attendent pas qu'on leur dise qu'ils ont les ongles longs par exemple pour les couper, mais programment eux-mêmes ces tâches intimes à intervalles réguliers pour ne plus subir ce genre de remarque.

2. Procédure d'utilisation

Il s'agit d'un *outil* fonctionnant de manière dual :

- Un site permet au référent (ou à l'utilisateur) de saisir sur les objectifs, de les décomposer en tâches, de définir des heures et consignes de rappels, de donner la localisation des lieux.

Exemple : aller chez le médecin à 14 heures,

- avec un descriptif toujours visible sur le téléphone lors de l'exécution de l'évènement (pourquoi ? pour renouvellement d'ordonnance, mais il ne faut pas oublier non plus de montrer la plaque sur le bras droit),

- avec un temps de trajet : exprimé en minutes, pour que FilHarmonie, lors des rappels tienne compte de cette durée. (si l'estimation du trajet est de 10 mn, et qu'un rappel pour commencer à se préparer est programmé 10 mn avant de partir, le téléphone préviendra l'utilisateur 20 mn avant, compte tenu de ce temps de déplacement)

- avec des rappels qui vont venir sur le téléphone sous forme de messages : 20 mn avant de partir, me prévenir de me changer avec message : « mes vêtements sont posés sur le lit », 5 mn avant de partir, « prendre mes clés de voiture qui sont sur la console du couloir »…

- avec la liste de l'objectif : lors du départ, vérification de la liste organisationnelle que l'utilisateur peut cocher au fur et à mesure de sa réalisation : carte vitale, chéquier, ancienne ordonnance…

- avec adresse de l'objectif pour veiller à ce que l'utilisateur aille bien à sa destination sans tourner en rond, sans arrêts intempestifs, sans divergence. FilHarmonie veille en guidage souple (pas d'informations de guidage), le visuel sur le téléphone étant une carte présentant une

© IRIT

flèche indiquant le sens dans lequel on se trouve, et une ligne bleue montrant le tracé du trajet à faire.

Ce site permet également de modifier les différents paramètres : taille de la police, sonnerie ou vibreur, mode vocal (pour que les instructions soient vocales en cas de difficultés de lecture), d'entrer les contacts (plus aisé que par le biais du clavier tactile) qui se synchroniseront automatiquement sur le téléphone…

Le référent pourra suivre les déplacements de l'utilisateur (si ce dernier à donné son accord), consulter le journal des alertes (pour vérifier ce qui a été fait et les objectifs restés en échec), surveiller la sortie d'un périmètre…

- Un Smartphone se synchronise automatiquement et à distance. Il va servir de support visuel. Il prévient l'utilisateur en lui rappelant ses objectifs (en mode vocal si option), déroule le moment venu les tâches qui y sont associées, analyse les déplacements en vérifiant que ce dernier converge bien vers sa cible. Il est doté d'un mode SOS qui peut se déclencher manuellement ou automatiquement en cas de problème. Un message est adressé au référent (Mail + SMS) qui prendra le relais pour aider la personne.

L'utilisateur est donc assisté sans avoir à faire de manipulations. Il ne s'agit pas d'un agenda, ni d'un GPS, mais d'un système de veille qui a toute capacité par aide vocale ou messages écrits, à épauler la personne dans le déroulement de sa journée et à analyser ses déplacements.

La procédure de validation d'usage

1. Recrutement des participants :

L'utilisation de la solution FilHarmonie a été proposée à quatre personnes dans le cadre des Ateliers Mémoire organisés par le CMRR et la mairie de Nice.
Sur les quatre propositions, trois personnes ont accepté de participer et se sont montrées intéressées, volontaires et curieuses de tester la solution.

Les utilisatrices sont trois femmes âgées de 66, 71, et 82 ans.

Leur niveau de familiarisation des nouvelles technologies est varié : l'une d'elle possède un ordinateur et utilise internet occasionnellement, de plus elle utilise un téléphone portable pour passer des appels et envoyer des messages ; une deuxième utilise un ordinateur occasionnellement pour envoyer

© IRIT

des mails, et utilise occasionnellement un téléphone portable pour recevoir des appels ; la troisième ne s'est jamais servi d'un ordinateur et n'utilise jamais de téléphone portable. Les trois participantes n'ont jamais utilisé de téléphone portable avec un écran tactile.

Toutes trois utilisent un agenda papier pour noter l'ensemble de leurs rendez-vous et de leurs activités, qu'elles n'emmènent pas avec elles dans leurs déplacements. L'une d'elles utilise également des post-it.
Les trois utilisatrices ont bien compris l'intérêt de l'étude et se sont montrées très coopératives et intéressées pour y participer. La durée totale de l'étude a été de 2 mois.

2. Présentation et utilisation du téléphone :

La présentation, la démonstration, et les entraînements quant à l'utilisation de la solution se sont déroulés au domicile de chacune des participantes, une demi-journée ayant été consacrée à chacune d'entre elles.

La première étape a consisté à expliquer le fonctionnement même du téléphone portable et de son utilisation avec l'écran tactile. Pour les deux utilisatrices ne se servant qu'occasionnellement, voire jamais, d'un téléphone portable, une attention particulière a été portée à leur bonne compréhension d'éléments tels que par exemple la mise en veille du téléphone et la manière d'en sortir. L'utilisation de l'écran tactile a demandé un long moment d'entraînement, en particulier pour répondre au téléphone lors d'un appel : sur le modèle de téléphone utilisé, répondre à un appel se fait nécessairement par l'écran tactile, en faisant glisser un symbole sur la largeur de l'écran. Cela a été au début très peu intuitif pour les participantes, habituées à décrocher physiquement un combiné, ou tout du moins à appuyer sur un bouton physique.

Une fois une utilisation correcte du téléphone acquise, la présentation de la solution FilHarmonie en elle-même a pu avoir lieu. Les explications et les entraînements reposaient sur des exemples d'évènements mis en place pour comprendre l'organisation des menus, la présentation des évènements, des tâches et des rappels, le mode SOS, l'utilisation du GPS, et la prise de notes. Une bonne compréhension générale de la gestion des évènements a été constatée. Toutes ont spontanément commenté positivement l'obligation de devoir cocher une à une les tâches obligatoires avant qu'un évènement ne puisse être démarré. En revanche, le rôle de l'onglet « Options » a été difficilement intégré. En effet, les utilisatrices ne voyaient pas à quoi ce terme pouvait faire référence. C'est par la répétition et l'entraînement qu'elles ont pu

© IRIT

apprendre à passer par ce menu pour accéder au répertoire et à la prise de notes, mais cela est resté très peu intuitif.
Enfin, la session se terminait par l'organisation de leur agenda afin de configurer leur emploi du temps, les rappels et les affaires à prendre en cas de déplacement.

3. Suivi de l'évaluation :

Les utilisatrices étaient contactées régulièrement par téléphone afin de s'assurer du bon déroulement de la phase d'utilisation, pour répondre à leurs questions, et noter les changements éventuels dans leur emploi du temps.

Elles ont de plus été rencontrées individuellement chaque semaine afin de vérifier la bonne utilisation effective du téléphone et de l'application, et afin de mettre en place leur agenda pour la semaine à venir.

a. Retours à 2 mois d'utilisation :

L'une des utilisatrices a souhaité arrêter sa participation après 9 jours d'utilisation. Même si elle pense que l'application peut être très utile, elle a rapporté être angoissée par l'utilisation de la solution. Selon elle, l'écran tactile était trop contraignant à utiliser efficacement ; elle se sentait contrainte par les différents rappels et avait constamment peur de rater le signalement d'un évènement. Ce point met en avant la nécessité de proposer la solution à des personnes qui ne seront pas excessivement angoissées par l'utilisation de nouvelles technologies, ce qui peut être une difficulté du fait du manque d'habitude des personnes âgées à utiliser ce type d'appareil.

En revanche, les deux autres utilisatrices se sont pleinement investies dans l'utilisation de l'appareil et ont toutes deux trouvé la solution intéressante et son usage adapté. L'une d'entre elles, durant les 2 mois d'utilisation, a dit avoir complètement arrêté d'utiliser son agenda papier et ses post-it, la solution étant plus pratique et rassurante car elle était assurée de ne rien oublier.

Au terme des 2 mois, elles estiment ne pas en avoir besoin « pour le moment », leur agenda papier habituel étant suffisant. L'impossibilité de rentrer elles-mêmes leur emploi du temps dans l'agenda directement par le téléphone, l'une d'elle n'ayant pas d'ordinateur, a largement contribué à ce sentiment.

© IRIT

Elles expriment toutefois des commentaires très positifs sur la solution et ont également toutes deux précisé que si des troubles de mémoire importants se manifestaient, elles pourraient adopter la solution si des dispositions étaient prises pour qu'elles n'aient pas d'obstacle au remplissage de leur agenda.

L'une des utilisatrices a complètement adopté le téléphone lors de la phase d'utilisation. Elle était ravie de préciser qu'elle parlait régulièrement à l'appareil, qu'il lui permettait de ne plus avoir à utiliser des post-it, et que cela lui avait apporté la curiosité de se pencher sur les nouvelles technologies, en particulier les tablettes tactiles et smartphones, ce qu'elle se refusait jusqu'alors, de peur de ne pas savoir s'en servir.

Au niveau de l'application, les retours à 2 mois rapportent une bonne clarté de l'affichage des messages relatifs aux évènements, l'ensemble est facile à comprendre et l'utilisation est relativement aisée. Les participantes ont, dans les premiers temps, rapporté des difficultés à cocher les cases des tâches, mais ces difficultés se sont estompées avec la pratique. Certains oublis occasionnels sont à noter quant à l'appui sur le bouton « arrivé ». Le mode SOS est perçu comme rassurant, tout comme le GPS. Un commentaire a été régulièrement soulevé concernant l'alerte sonore lors d'un rappel ou d'un évènement : le nombre de sonneries n'est pas assez important, et l'alerte peut alors passer inaperçue. De plus, l'icône de l'application n'est pas assez parlante et est perçue comme un fond d'écran et pas comme un élément interactif. Enfin, la possibilité de rentrer soi-même les évènements, directement par le téléphone, a été vivement soulevée.

La principale difficulté a en fait résidé dans l'utilisation du téléphone en lui-même. La petite taille des boutons à l'écran et la sensibilité de l'écran tactile rend l'utilisation parfois hasardeuse du fait des tremblements de certaines personnes âgées, qui peuvent alors se retrouver perdues dans les menus du téléphone en voulant accéder à l'application. Les utilisatrices ont cependant vite adopté, en cas de problème, l'utilisation du bouton permettant de retourner en arrière jusqu'à l'écran d'accueil du téléphone. Toutefois, sur le modèle de téléphone utilisé (Samsung Galaxy Ace), ce bouton non physique est par défaut éteint et impossible à identifier sur le téléphone, le rendant peu ergonomique pour des personnes âgées.

De façon plus spécifique à la ville de Nice, certains endroits semblent ne pas être couverts (ou être mal couverts) par l'opérateur, rendant impossible la géolocalisation.

© IRIT

Cela s'est avéré angoissant lors d'un déplacement d'une utilisatrice, qui s'est vue perdre le réseau en cours de chemin. Celle-ci connaissait le chemin et n'était pas réellement inquiétée, mais ceci peut être problématique dans le cas d'une personne désorientée, qui ne pourra pas non plus utiliser la fonction « retour au domicile », et devra forcément passer par le mode SOS.

b. Bilan à deux mois d'utilisation :

- *Points positifs :*
  - Utile pour penser à toutes les affaires à prendre
  - Utile pour penser à préparer ses affaires à l'avance
  - Rassurant
  - Plus compact qu'un agenda papier et que des post-it qui peuvent s'envoler
  - Organisation globalement compréhensible
  - Géolocalisation intéressante et rassurante

- *Points négatifs :*
  - Icône de l'application trop peu signifiante
  - Boutons trop petits
  - Pas assez d'alertes sonores lors d'un évènement
  - Menu « Options » peu signifiant pour une personne âgée
  - Inutilité du GPS en cas de perte de couverture réseau
  - Impossible de rentrer un évènement en passant par le téléphone

De façon générale, les deux utilisatrices qui ont complété l'évaluation trouvent la solution intéressante. Bien qu'elles estiment ne pas en avoir réellement besoin pour le moment, elles pensent qu'il s'agit d'un outil adapté pour une personne atteinte de troubles de mémoire. Les deux participantes ont été étonnées de constater la relative facilité avec laquelle elles se servaient de l'appareil, malgré leur appréhension à utiliser un appareil de nouvelle technologie.

L'abandon en cours de test d'une des participantes corrobore les possibles difficultés de mise en place de la solution avec des personnes âgées. Des phases d'entraînement plus longues, spécifiques à l'utilisation du téléphone en lui-même, sont à recommander avec ce type de population.

La principale difficulté a résidé dans l'utilisation de l'objet : l'écran tactile, le concept de décrocher en faisant glisser une icône, ou encore la mise en veille, sont des éléments inhabituels et difficilement compréhensibles pour

© IRIT

une personne âgée n'ayant jamais utilisé ce type d'appareil. La pratique régulière et l'intérêt pour la solution des utilisatrices ont permis de réduire ces difficultés, mais des troubles de mémoire et de l'apprentissage risquent de rendre l'utilisation de la solution plus difficile chez des personnes âgées atteintes de troubles cognitifs.

Ce présent bilan est très encourageant quant à l'utilisation de la solution FilHarmonie **chez des personnes âgées, qui semble tout à fait réalisable**. Il s'agit d'un outil de nouvelle technologie, qui peut être perçu par les personnes âgées comme difficile à appréhender et à utiliser, mais qui peut être utilisé de façon très satisfaisante avec un entraînement sur la durée.
Le principe même de l'application est clair, aisément assimilable et facilement utilisable. Les commentaires concernant l'application portent sur des points d'ergonomie, principalement la taille des touches et les sonneries lors d'une alerte.

Pour une bonne prise en main, il est indispensable de s'assurer de l'utilisation régulière du téléphone et d'entraîner régulièrement les utilisateurs âgés, même pour des tâches basiques (allumer le téléphone, entrer/sortir de la veille, répondre à un appel entrant, passer un appel, revenir en arrière dans les menus). Les entraînements à l'utilisation de l'application doivent passer par différents cas de figure (alertes, évènements avec ou sans déplacement, compréhension du GPS, utilisation du mode SOS, déroulement des menus pour afficher les détails).

Conclusion

- *Faisabilité :*
  - Mode tactile correctement utilisable après adaptation
  - Touches légèrement trop petites, demande un peu de concentration
  - Texte correctement lisible, mais plus de contraste pourrait être bénéfique
  - Volume de l'alarme satisfaisant, mais plus de sonneries serait nécessaire lors des alertes
  - Organisation des menus satisfaisante, mais menu « Options » peu clair
  - Icônes compréhensibles

- *Efficacité :*
  - Permet d'éviter la multiplication des supports mnésiques (agenda, post-it…)

© IRIT

- Permet de penser à tous les rendez-vous
- Permet d'anticiper la préparation des affaires
- Permet de ne pas oublier d'affaires
- Permet de ne pas se perdre
- Plus rassurant qu'un agenda papier

Tableau 1 : Profils des participantes

Age	66	82	71
Sexe	F	F	F
Niveau d'informatique	pack Office, photos	0	Texte, photos
Fréquence d'utilisation de l'outil informatique	Occasionnelle (3 fois par semaine)	0	Occasionnelle (2 fois par semaine)
Utilisation du mode internet	Recherches, mails	0	Mails
Fréquence d'utilisation d'internet	Occasionnelle	0	Occasionnelle
Utilisation du téléphone portable	Quotidienne (appels, messages)	Très rare (réception d'appels)	Régulière (appels)
Utilisation du mode tactile	Jamais utilisé	Jamais utilisé	Jamais utilisé
Difficultés de mémoire	Aucune	Aucune	Légères difficultés de mémoire quotidienne
Niveau d'autonomie	Pas de limite	Pas de limite	Pas de limite
Troubles associés	Aucun	Très discrète anxiété	Très discrète anxiété
Utilisation de supports mnésiques	Agenda papier	Agenda papier, post-it	Agenda papier

© IRIT

Volonté de participation à l'étude	Volontaire, curieuse	Volontaire, curieuse	Volontaire, curieuse
Durée de participation à l'étude	8 semaines	8 semaines	9 jours

Tableau 2 : Progression utilisation du téléphone

Age	66	82	71
Sexe	F	F	F
Semaine 1			
Exécuter les demandes en temps et en heure	Bien	Bien	Bien
Utiliser efficacement les menus	Bien	Faible	Bien
Maîtriser la technologie du téléphone	Bien	Faible	Faible
Comprendre le langage approprié	Bien	Faible	Bien
Identifier les impacts liés à l'utilisation de Filharmonie	Très bien	Très bien	Très bien
Semaine 2			
Exécuter les demandes en temps et en heure	Très bien	Très bien	X
Utiliser efficacement les menus	Très bien	Bien	X
Maîtriser la technologie du téléphone	Très bien	Bien	X
Comprendre le langage approprié	Très bien	Faible	X
Identifier les impacts liés à l'utilisation de Filharmonie	Très bien	Très bien	X
Semaines 3-8			
Exécuter les demandes en temps et en heure	Très bien	Très bien	X
Utiliser efficacement les menus	Très bien	Très bien	X

© IRIT

Maîtriser la technologie du téléphone	Très bien	Bien	X
Comprendre le langage approprié	Très bien	Bien	X
Identifier les impacts liés à l'utilisation de Filharmonie	Très bien	Très bien	X

Andrewes et Gielewski, 1999
Andrewes D., Gielewski E. (1999). *La réinsertion par le travail de l'herpès simplex encéphalite patients avec une amnésie antéro-grade*. Neuropsychologie. Rehabil. 9, 77-99
Wilson 1995
Hayes, SC & Wilson, KG (1995). Le rôle de la cognition dans le comportement humain complexe: une perspective contextualiste. *Journal de thérapie comportementale et de psychiatrie expérimentale, 26*, 241-248

© IRIT

Usage de technologies d'interaction par des personnes âgées atteintes d'une maladie d'Alzheimer

▶ Frédéric Vella, Nadine Vigouroux (IRIT, Toulouse),
Blandine Boudet, Pierre Rumeau (Laboratoire Gérontechnologie La Grave, CHU Toulouse)

■ RÉSUMÉ • L'objectif de ce papier est de montrer comment adapter des techniques d'interaction à la souris pour favoriser l'accessibilité des technologies aux personnes atteintes de troubles cognitifs. Le laboratoire de Gérontechnologie du Gérontopôle de Toulouse vise à concevoir des exercices numériques de rééducation cognitive pour des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. L'efficacité de ces exercices nécessite une Interaction Homme-Machine (IHM) utilisable et efficiente. Pour cela, nous avons réalisé une étude sur trois techniques d'interaction à base de pointage (Clic à clic, Drag and drop et Clic et aimantation). 97 personnes âgées avec (68) ou sans (28) maladie d'Alzheimer mesurée par le MMSE ont été recrutées. Les résultats (extra clic et temps de la tâche) montrent que la technique Clic et aimantation est la plus adaptée aux personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer..

■ MOTS-CLÉS • Interaction Homme Machine, maladie d'Alzheimer, dispositif souris, MMSE.

■ *ABSTRACT • The aim of this paper is to answer to the question: how to adapt mouse interaction techniques to increase technology accessibility to people with cognitive impairment. The Gerontechnology' laboratory at Gerontopole Toulouse aims to develop numerical exercises of cognitive rehabilitation for people with Alzheimer's disease. The effectiveness of these exercises requires a Human-Computer Interaction (HCI) usable and efficient. For that, we have conducted a study on three interaction techniques based on pointing (Clic to clic, drag and drop and Clic and magnetization). 97 elderly people with (68) and without (28) Alzheimer's disease evaluated by the MMSE have been recruited. The results (extra click and task duration) showed that the Clic and magnetization technique is the most adaptet for people with Alzheimer's disease.*

■ *KEYWORDS • Human Computer Interaction, Alzheimer's disease, mouse device, MMSE.*

© IRIT

1. Introduction

La maladie d'Alzheimer se caractérise par un déficit cognitif qui s'ajoute au vieillissement moteur et perceptif. L'étude du comportement de ce groupe d'utilisateurs est difficile mais il est nécessaire pour étudier l'accessibilité et l'utilisabilité des interfaces des prothèses mnésiques, des systèmes de stimulation cognitive ou encore des robots d'assistance. Ces études peuvent influer le choix et la conception des modalités d'interaction des systèmes interactifs.

Des études ont montré qu'il y avait un effet entre l'âge de l'utilisateur et sa motricité. (Walker et al., 1997) ont montré par des observations expérimentales que les personnes âgées ont des temps de mouvements plus lents et une plus grande difficulté pour contrôler finement leur motricité fine lors d'atteintes de cibles.

(Smith et al., 1999), (Chaparro et al., 1999) et (Wood et al., 2005) ont observé les effets de l'âge sur l'utilisabilité de l'ordinateur. (Chaparro et al., 1999) ont étudié les différences liées à l'âge pour deux dispositifs de pointage (souris et trackball) sur deux groups d'adultes : inférieur à 40 ans et supérieur à 65 ans. Les résultats sont que le temps des mouvements des personnes âgées est plus important que celui des jeunes adultes mais qu'en revanche aucune différence sur le nombre d'erreur n'a été observée dans l'utilisation des deux dispositifs de pointage. (Smith et al., 1999) ont également examiné des effets de l'âge dans la manipulation de la souris pour les tâches complexes (simple clic ou double clic). Ils ont défini les « slip errors » comme des dérapages du curseur en dehors de la cible ou des doubles clics. Ces erreurs se sont révélées être une source majeure liées à l'âge. Enfin, (Wood et al., 2005) a remarqué que l'utilisation de la souris demande plus d'effort cognitif et moteur que celle d'un écran tactile et d'un pavé tactile.

(Mclaughlin et al., 2009) ont rapporté que les dispositifs de pointage (souris, trackball, joystick, wiimote, etc., par exemple.) nécessitent une charge cognitive importante lors de la traduction d'un mouvement humain en un déplacement virtuel sur un écran. Par exemple, le déplacement d'une souris vers l'avant déplace le curseur vers le haut sur l'écran. L'utilisateur doit convertir la distance physique du déplacement de la souris en une distance virtuelle du déplacement du curseur sur l'écran. Ce processus de « traduction » entre le monde physique et le monde virtuel est également sollicité par les caractéristiques physiques du dispositif : un petit déplacement du dispositif peut produire un grand déplacement sur un écran et réciproquement. Ce processus de traduction spatiale est une tâche cognitivement exigeante en particulier pour les personnes âgées en raison du déclin de leur capacité spatiale liée au vieillissement normal selon (Charness et al., 2005). Ces mêmes auteurs rapportent que cette traduction affecte les performances et peut-être les capacités attentionnelles.

© IRIT

L'objectif de ce papier est de montrer que l'adaptation de techniques d'interaction réalisées à la souris peut favoriser l'accessibilité à un ordinateur pour des personnes atteintes de troubles cognitifs. Pour répondre à cet objectif nous avons testé trois techniques d'interaction de pointage sur des personnes âgées avec ou sans maladie d'Alzheimer. Dans cet article, nous décrirons le protocole expérimental et nous commenterons les résultats obtenus sur le nombre de clics erronés dans une tâche de sélection d'objet ainsi que le temps moyen de la tâche (sélection et déplacement d'un objet).

2. Protocole expérimental

Ce protocole vise à étudier trois techniques d'interaction pour sélectionner et déplacer un élément vers un autre au moyen d'une souris. Les objectifs de cette expérience sont les suivants:

- Analyser les écarts de performance entre les sujets âgés sans trouble cognitif et ceux avec des troubles cognitifs ;
- Identifier et analyser les facteurs qui peuvent expliquer une préférence ou une meilleure efficacité observée entre ces classes d'interaction. Ce deuxième objectif ne sera pas exposé dans cet article.

2.1. Matériels

Les expériences ont été effectuées sur un ordinateur portable Satellite Pro A200 Toshiba, avec un écran TFT de 15 pouces et une résolution de 1024 * 768 pixels. Une souris classique a été utilisée comme dispositif d'entrée. Le bouton droit a été désactivé pour que le sujet ne soit pas perturbé par la sémantique d'utilisation des deux boutons de sélection de la souris. Un curseur de la forme d'une main a été préféré car il correspond à la métaphore de la prise d'un objet. Ce choix de représentation du curseur contribue à la recherche d'éléments interactionnels affordants (Gibson, 1977).

2.2. Techniques d'interaction sélectionnées

Trois techniques d'interaction ont été mises en œuvre :

- **Clic à clic** (notée CL): clic sur l'objet, puis sur la cible à atteindre ; l'objet se déplace automatiquement ;
- **Drag and drop** (notée DR, technique de « dragging ») : clic sur l'objet, puis maintien du clic pendant le déplacement de l'objet vers la cible et relâchement du clic pour le déposer sur la cible ;
- **Clic et Aimantation** (notée CAM, technique que nous avons développée pour représenter la métaphore de la prise dans la main d'un objet) : clic sur l'objet, puis déplacement du curseur vers la cible : l'objet reste accroché à celui-ci avant de tomber automatiquement lorsque la cible est atteinte.

© IRIT

2.3. Sensibilisation à la souris

Une phase de découverte des principes de manipulation de la souris a précédé le déroulement des tests si la personne n'avait jamais utilisé un ordinateur. Cette phase de découverte est composée de trois étapes : illustration des principes de déplacement du curseur de la souris par l'expérimentateur ; essais guidés (« faire avec », l'expérimentateur guide la main du sujet ; essai libre par le sujet sans aide motrice de l'expérimentateur. Le succès de cette phase conditionne le passage à la phase de tests.

2.4. Déroulement des tests

Les trois techniques sont étudiées pour une tâche de la vie quotidienne, « mettre un sucre dans une tasse de café » (Figure 1). Nous avons retenu cette tâche simple car tous les sujets devaient être a priori aptes à la comprendre et à la réaliser. L'objet de notre étude étant de ressortir les difficultés liées aux techniques d'interaction.

Deux retours sonores de type « audicônes » informent le sujet : le premier lors de la prise du sucre et le deuxième lorsque ce dernier tombe dans la tasse.

Les trois techniques sont proposées dans un ordre aléatoire pour éviter un effet d'ordre. Pour chaque technique de pointage, on a deux phases successives: a) l'apprentissage au cours duquel le sujet fait l'exercice guidé par l'examinateur, puis seul autant de fois que nécessaire pour qu'il se sente à l'aise ; b) l'exercice qui consiste à répéter trois fois la tâche. A la fin de l'exercice il est demandé au patient la technique d'interaction qu'il a préférée en termes de naturel et de facilité.

Figure 1 • test du déplacement d'objet

© IRIT

2.5. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les sujets sont recrutés à l'hôpital de jour et en consultation au Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse par des médecins gériatres. Les inclusions ont eu lieu en fonction de la disponibilité du patient, et âgé de plus de 65 ans. Les sujets se sont portés volontaires (accord personnel ou celui de l'aidant en cas de trouble cognitif) après information des objectifs de l'étude par leur médecin gériatre. Les sujets sont exclus s'ils n'arrivent pas à réaliser la phase de sensibilisation à l'ordinateur ou la phase d'apprentissage de la technique d'interaction. Les données suivantes ont été recueillies : date de naissance, pathologies, utilisation de nouvelles technologies, etc.

3. Résultats

3.1. Population d'étude

Les médecins en gériatrie de l'hôpital de Toulouse ont recruté 97 sujets âgés de plus de 65 ans avec (69 sujets) et sans maladie Alzheimer (28 sujets). Le Mini Mental State Examination (MMSE) a été établi par des médecins experts en gériatrie sur la maladie d'Alzheimer. Le MMSE est situé dans l'intervalle [0 30] (Folstein et al., 1975). Plus celui-ci croit moins il y a de dégradation cognitive. Les sujets ont été répartis en cinq groupes selon (Feldmann & al, 2005) : [0-9], [10-14], [15-20], [21-26], [27-30].

Le Tableau 1 montre que le taux de succès de la phase d'apprentissage est fonction du niveau du MMSE : plus le MMSE est élevé plus le taux de succès de l'apprentissage est élevé. Nous avons observé que les sujets avec un MMSE <10 n'étaient pas capables de mémoriser la séquence des actions pour réaliser la tâche avec une technique d'interaction.

Le Tableau 1 illustre également que le taux de succès de la phase d'apprentissage ne dépend pas de la tranche d'âge.

MMSE	<10	[10-14]	[15-20]	[21-26]	[27-30]
Nombre de sujets	8	16	19	26	28
Age moyen des sujets recrutés	82±5,45	83±5,96	83±7,88	83±7,54	79±7,53
Nombre d'échec d'apprentissage (E) Succès (S)	7E/1S	7E/9S	9E/10S	3E/23S	1E/27S
Age moyen des sujets (S)	79	82±7,26	79,96±8	82,66±7, 15	78,74±7,5

Tableau 1 • Nombre de sujets participants à l'expérience en fonction des MMSE

© IRIT

Pour l'analyse des résultats portant sur les clics erronés et sur le temps total de la tâche, nous avons exclus le groupe de sujets ayant un MMSE dans l'intervalle [0-9].

3.2. Les clics erronés

Les clics erronés sont les clics supplémentaires produits par le sujet avant la sélection du sucre pour le déplacer vers la tasse à café. Cette notion a été définie par (Smith et al., 1999) sous le terme de « slip errors ».

Nous avons calculé une ANOVA à un facteur sur les quatre classes du MMSE. Cette analyse montre une différence significative ($F(3,626)=18,067$ $P_{value}=3,001.10^{-11}$), (Figure 2). Cependant le test de Tukey montre qu'il y a une différence significative entre les classes de MMSE : [10-14] et [15-20] avec ($P_{value}=3,618.10^{-4}$); [10-14] et [21-26] avec ($P_{value}=0$); [10-14] et [27-30]) avec (Pvalue=0); et finalement entre [15-20] et [27-30] avec ($P_{value}=9,62578.10^{-2}$). Toutes les autres interactions sont non significatives.

Puis nous avons calculé une ANOVA à un facteur sur la technique d'interaction. Celle-ci montre une différence significative ($F(2,626)=21,955$, $P_{value}=6.082.10^{-10}$, (Figure 3)). Puis nous avons procédé aux tests de Tukey qui montrent qu'il a une différence significative entre les techniques (CL et CAM avec $P_{value}=1.10^{-7}$) et (DR et CAM avec $P_{value}=0$)

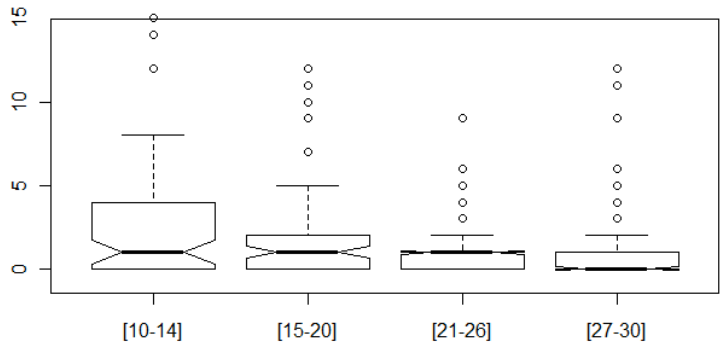


Figure 2 • Le nombre de clics erronés en fonction des classes de MMSE

© IRIT

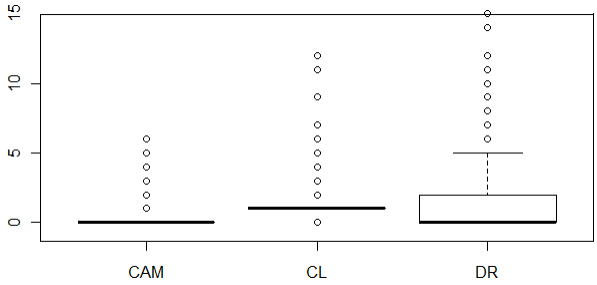


Figure 3 • Le nombre de clics erronés en fonction des techniques d'interaction

Nous avons ensuite procédé à une analyse ANOVA à deux facteurs afin d'étudier l'interaction potentielle entre la classe MMSE et le type d'interaction sur le nombre de clics erronés..

Les figures (Figure 4 et Figure 5) montrent une différence significative pour les classes de MMSE ($F(3,618)=20,5198$, $P_{value}=1,098.10^{-12}$) ainsi que pour le type d'interaction ($F(2,618)=25,5198$, $P_{value}=2,764.10^{-11}$). Notons qu'il y a aussi une interaction significative entre les classes de MMSE et le type d'interaction ($F(6,618)=7,1305$, $P_{value}=2,308.10^{-7}$). Ce dernier résultat montre que le nombre de clics erronés observés pour chaque classe de MMSE est fortement dépendant de la technique d'interaction.

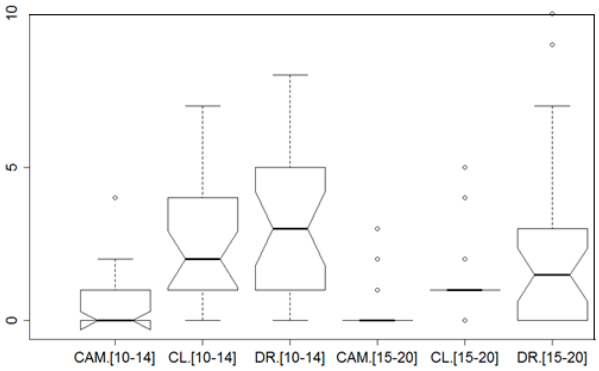


Figure 4 • Nombre de clics erronés pour les intervalles de MMSE [10-14] et [15-20] et les 3 techniques d'interaction

© IRIT

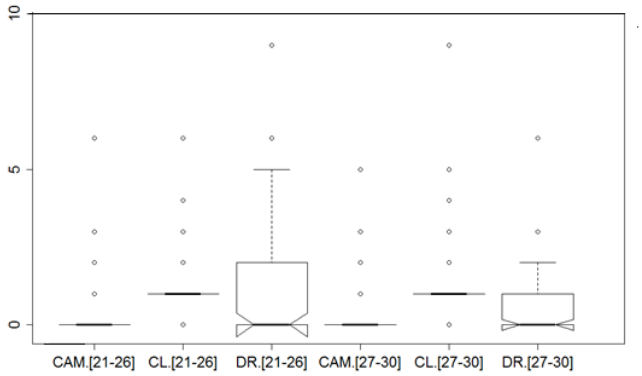


Figure 5 • Nombre de clics erronés pour les intervalles de MMSE [21-26] et [27-20] et les 3 techniques d'interaction

3.3. Le temps de réalisation

Le temps moyen de la réalisation de la tâche (Figure 6) est très petit (entre 5 et 9 secondes) pour les quatre intervalles de MMSE avec la technique CAM par rapport aux deux autres techniques d'interaction (CL : entre 13 et 25 secondes et DR : entre 34 et 9 secondes). Par contre, plus la dégradation cognitive est importante, plus le temps à réaliser la tâche (de sélection et de déplacement d'un objet) est long avec les deux techniques d'interaction CL et DR.

Nous notons que pour les intervalles [10-14] et [15-20] le temps moyen est plus grand (cinq fois pour [10-14] et deux fois pour [15-20]) pour la technique DR que pour la technique CAM. Pour ces mêmes intervalles, nous notons également un rapport important de l'ordre de (quatre fois pour [10-14] et trois fois pour [15-20]) pour la technique CL.

© IRIT

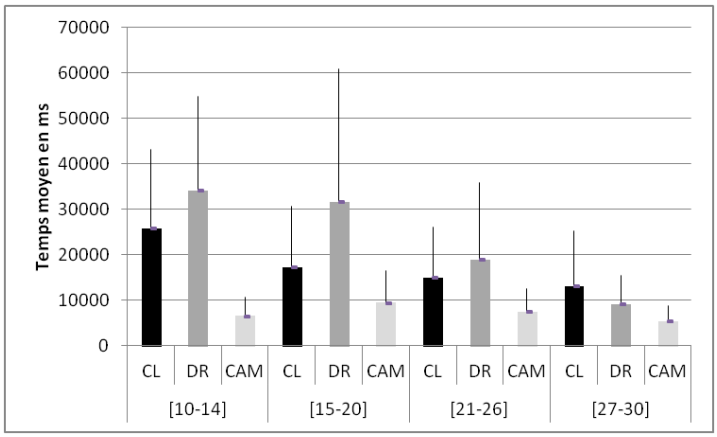


Figure 6 • Temps moyen de la réalisation de la tâche en fonction des MMSE et des 3 techniques d'interaction

4. Discussion

Le DR est la technique d'interaction qui engendre la plus grande variabilité sur le temps de réalisation de la tâche et ce, quelque soit l'intervalle de MMSE.

L'interaction CAM est plus efficace par rapport au CL parce que celle-ci représente bien la nature des actions (prendre et déplacer). C'est une métaphore que certains usagers ont verbalisé spontanément. En outre, cette technique limite le nombre de tâches concomitantes : identifier la cible, puis cliquer, puis identifier le but et enfin déplacer.

Le DR n'est pas adapté pour les sujets ayant des troubles cognitifs car il nécessite deux actions cognitives simultanées (déplacement et pression) avec des chronologies différentes.

Quand un sujet n'arrive pas à faire une des actions élémentaires (déplacement, maintien ou non du clic), nous avons observé deux comportements : l'un a été de demander de l'aide, l'autre a été de mimer le geste avec le doigt ou la main sur l'écran.

© IRIT

Les clics erronés sont plus élevés pour les techniques DR et CL que pour l'interaction CAM. Ce résultat a confirmé notre hypothèse : à savoir que l'attachement automatique de l'objet au curseur du dispositif devrait favoriser l'interaction. Nous observons également un taux trois fois plus élevé (versus 5 fois plus élevé) pour les techniques CL et DR pour les personnes souffrant de troubles cognitifs sévères. Les résultats de cette étude confirment les conclusions de (Smith et al., 1999) qui ont trouvé que les tâches complexes (par exemple, un double clic) sont plus difficiles pour les personnes âgées. Un autre constat est le faible taux d'erreur observé pour la technique d'interaction CAM indépendamment de la déficience cognitive. Pour les personnes avec des troubles cognitifs, plus il y a d'actions à réaliser pour faire une tâche plus le risque d'avoir un échec est important.

Cette étude a démontré que les applications interactives peuvent être utilisées par les personnes souffrant de déficience cognitive si la technique d'interaction est utilisable et adaptable pour eux.

5. Conclusion et perspectives

Nous avons mis en place un protocole pour l'étude de trois techniques d'interaction : Clic à clic (CL), Drag and drop (DR) et Clic et Aimantation (CAM). L'interaction CAM est plus efficace que les interactions CL et DR parce que celle-ci représente bien la nature des actions (prendre et déplacer). Les résultats montrent que le temps de réalisation de la tâche et le nombre de clics erronés pour CAM sont bien inférieurs à ceux de DR et de CL. Ceci démontre que le sujet serait plus performant (moins d'erreur et temps moyen de réalisation plus court) avec la technique CAM. Ces premiers résultats nous suggèrent qu'il y aurait un lien entre le système moteur et le système cognitif de la personne âgée avec troubles cognitifs.

D'autres études visant à utiliser des technologies d'interaction sur des supports tactiles sont en cours.

Remerciements

Les auteurs remercient le service de gériatrie du CHU de Toulouse pour sa contribution au recrutement de sujets ainsi que tous les sujets.

BIBLIOGRAPHIE

Hourcade, J.P., Nguyen, C.M., Perry, "K.B. Denburg, N.L. (2010). Pointassist for older adults: analyzing submovement characteristics to aid in pointing tasks, *CHI '10, ACM*, New York, NY, p.1115-1124.

Mclaughlin A.,C.,Wendy A. R., Ogers A., W., Fisk A., D. (2009). Using Direct and Indirect Input Devices: Attention Demands and Age-Related Differences, Journal *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI),* Vol. 16 Issue 1, p.2-14.

© IRIT

Charness N., Holley, P., Feddon, J., & Jastrzembski, T. (2005). Light pen use and practice minimize age and hand performance differences in pointing tasks. *Human Factors*, Vol. 46, p.373-384.

Gibson, J.J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (eds.), Perceiving, Acting and Knowing, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Smith, M., Sharit, J., & Czaja, S. (1999). Aging motor control, and the performance of computer mouse tasks, *In Human Factors*, Vol. 41, p.389-396.

Wood, E., Willoughby, T., Rushing, A., Bechtel, L., Gilbert, J. (2005). Use of Computers Input Devices by Older Adults. *In The Journal of Applied gerontology*, Vol. 24, p.419-438.

Feldmann, H. H., Woodward, M. (2005). Evolution de la maladie d'Alzheimer. *Neurology* Vol. 65, p.S10-S17.

Chaparro, A., Bohan, M., Fernandez, J. E., Choi, S. D., & Kattel, B. (1999). The impact of age on computer input device use: Psychophysical and physiological measures. *International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.* 24 p.503-513.

Walker, N., Philbin, D., Fisk, A. (1997). Age-related differences in movement control: Adjusting sub movement structure to optimize performance. *Journal of Gerontology, Psychological Sciences* Vol. 52, p.40-52.

© IRIT

Maladie d'Alzheimer et système praxique sémantique

Elisa Bonnemoy*, Liliana Rico Duarte*, Agnès Daurat*
**UMR 5263 CNRS-EPHE-Université Toulouse II, Laboratoire CLLE-LTC, Toulouse, France.*

RÉSUMÉ. *Le système praxique sémantique (SPS) est un niveau conceptuel du traitement praxique. Il comprendrait deux sous-systèmes, un système de traitement des connaissances sémantiques sur les objets (« système conceptuel », SC) et un système de traitement des connaissances sur les actions effectuées avec ces objets (« système sémantique de l'action », SSA). L'objectif de cette étude est de déterminer si le SPS, et ses sous systèmes sont altérés dans la maladie d'Alzheimer(MA) et de déterminer le profil d'évolution de l'altération du stade débutant au stade modéré de la MA . Cinq tâches issues de la batterie de Bartolo et al. (2007) ont été administrées à des patients atteints de MA (stade débutant vs. modéré), appariés à un groupe contrôle. Les résultats montrent une atteinte globale du SPS dès le début de la MA, et une sensibilité particulière du à l'évolution de la maladie.*

ASTRACT. *The praxic semantic system (PSS) is a conceptual level of praxic processing. It could comprise two subsystems: one which processes the semantic knowledge of object (conceptual system), the other which processes the knowledge of object-related actions (action semantic system).This study aims at investigating whether the PSS and its subsystems are altered in AD, and establishing the pattern of evolution of the alteration from mild to moderate AD patients. Five tasks of Bartolo et al. (2007)'s battery were administered to two groups of AD patients (mild vs. moderate) matched with a control group. Results showed a global disruption of the PSS from the beginning of the disease and a particular sensibility of the action semantic system to the progression of the disease.*
MOTS-CLÉS : *système praxique sémantique, connaissances sémantiques des objets, connaissances sémantiques des actions, maladie d'Alzheimer, apraxie.*
KEY WORDS: *praxic semantic system, semantic knowledge of objects, semantic knowledge of actions, Alzheimer's disease, apraxia.*

1. Introduction

Le vieillissement de la population est aujourd'hui un phénomène de société entraînant un accroissement du nombre de personnes atteintes de pathologies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer (M.A.). Les personnes atteintes de cette maladie éprouvent des difficultés qui se répercutent sur leur autonomie au quotidien. Dans cette étude, nous nous intéresserons en particulier aux troubles praxiques qui restent encore peu étudiés dans le cadre de la MA comparés aux

© IRIT

troubles de type mnésiques ou langagiers (Derouesné, Lagha-Pierucci, Thibault, Baudouin-Madec, & Lacomblez et al. 2000, Crutch, Rossor & Warrington, 2007).

Lorsque nous utilisons un objet, nous mobilisons des capacités spécifiques pour effectuer nos mouvements en lien avec l'objet : ce sont les capacités praxiques. La majorité des travaux visant à étudier les capacités praxiques dans la M.A. s'appuient sur la définition proposée par Liepmann (1920). Liepmann considère l'apraxie comme un trouble de la production du geste consécutif à un déficit dans la formulation d'un programme moteur (*apraxie idéatoire* : ne pas savoir « quoi » faire) ou à un déficit dans la mise en place du geste (*apraxie idéomotrice* : ne pas savoir « comment faire »). Ainsi, dans ce modèle l'apraxie est appréhendée uniquement comme un déficit portant sur la production du geste. Or, des difficultés praxiques peuvent se manifester dans des tâches où la réalisation du geste n'est pas demandée conduisant à des tableaux cliniques variés (De Renzi 1988 ; Della Sala et al. 1987 ; Pillon et coll., 1995, Travniczek-Marter et al. 1993 ; Rapcsak et al. 1989). De plus, des divergences existent à propos de sa prévalence et du stade d'évolution dans lequel ces troubles surviennent (Crutch et al., 2007 ; Derouesné et al., 2000). Pour certains auteurs, les troubles praxiques n'apparaîtraient qu'au stade sévère de la M.A. (Rapcsak et al., 1989 ; Della Sala et al., 1987, Pillon et coll., 1995 ; Edwards et al.1991) alors que d'autres études mettent en évidence la présence de ces troubles à des stades précoces de la maladie (Derouesné et al., 2000 ; Crutch et al. 2007). Les divergences constatées pourraient être le résultat de la variabilité des protocoles d'évaluation proposés, eux-mêmes traduisant de conceptions théoriques différentes de l'apraxie. De même le caractère hétérogène des manifestations cliniques observées au cours de la MA pourrait contribuer à la variabilité des profils (Heilman, Rothi, 1997; Joanette, Ska, Poissant & Béland, 1992 ; Rapoport, 1991 ; Davidson et al., 2010).

Dans ce travail nous utiliserons un modèle proposant une structuration plus complète des praxies (Roy 1983 ; Roy et Square, 1985 ; Rothi, Ochipa & Heilman, 1991 ; Cubelli et al., 2000). Dans cette formulation, le traitement des praxies repose sur deux systèmes : un *système de production* et un système conceptuel appelé le *système praxique sémantique* (SPS). Le premier système serait celui de production du geste qui comprendrait les composantes sensori-motrices nécessaires à leur exécution. Le second, le SPS, pourrait être dichotomisé à son tour en deux sous-systèmes : (a) le système de connaissances conceptuelles qui contiendrait les informations sur les objets et leur fonction et (b) le système sémantique de l'action qui comprendrait les con-

© IRIT

naissances sémantiques concernant les actions appropriées à réaliser lors de l'utilisation d'un objet (Bartolo et al., 2007; Buxbaum & Saffran, 2002)

Peu d'études sur les troubles praxiques dans la maladie d'Alzheimer se basent sur le modèle de Rothi et al. (1991, 1997). Cependant, des travaux comme celui d'Ochipa et al. (1992) suggèrent que le *SPS* pourrait être altéré chez ces patients. Ces auteurs ont évalué les capacités praxiques de patients à différents stades d'évolution de la MA, en utilisant des tâches évaluant les connaissances sur le type d'actions associées à l'utilisation d'un outil, d'un objet en lien avec l'outil et des deux associés (*i.e.,* marteau et clou). Ils ont également évalué les connaissances associatives d'un outil (*i.e.,* marteau) et de l'objet qui reçoit son action (*i.e.,* clou). Les résultats de ce travail mettent en évidence en particulier, une atteinte plus sensible du système sémantique de l'action. Dans l'étude de Derouesné et al. (2000), les connaissances conceptuelles sont évaluées par des tâches n'exigeant pas la mise en œuvre de gestes, contrairement à l'étude d'Ochipa et al. (1992). Les résultats montrent que tous les patients quel que soit le stade d'évolution débutant ou modéré présentent une altération du système de connaissances conceptuelles et 77% sont déficitaires en production. Ces données (Ochipa et al. 1992, Derouesné et al. 2000) suggèrent une altération du système praxique sémantique dans la maladie d'Alzheimer.

Ce travail a pour objectifs 1) d'évaluer si le système praxique sémantique est altéré dans la MA, 2) de déterminer si l'un des deux systèmes qui le composent est plus spécifiquement affecté par la MA et 3) de déterminer le profil d'évolution de cette altération chez des patients atteints de la MA au stade débutant *versus* modéré.

2. Méthodologie

2.1. *Sujets*

La batterie d'épreuves neuropsychologiques a été administrée à 50 participants, répartis en trois groupes : le groupe contrôle est constitué de 23 personnes âgées saines non institutionnalisées ; le second groupe est constitué de 13 patients avec diagnostic probable de maladie d'Alzheimer au stade débutant; et le troisième groupe de 14 patients avec diagnostic probable de maladie d'Alzheimer (MA) au stade modéré. Ces participants sont appariés en âge et en niveau d'éducation. Pour tous les groupes, le nombre de sujets, la moyenne d'âge, la moyenne d'années d'études et leur moyenne au MMSE sont présentées dans le tableau 1.

© IRIT

Tableau 1. *Caractéristiques des groupes.*

		Agés sains N=23	MA Stade Débutant N=13	MA Stade Modéré N=14	ANOVA F (2, 47)	*p*
Age (années)	Moyenne*(ET)*	83.21 *(.44)*	83.54*(4.7)*	83.71 *(5.16)*	0,05	*NS*
	Rang	(75-89)	(75-90)	(75-90)		
Niveau d'études (années)	Moyenne*(ET)*	10.57*(3.36)*	11 *(3.55)*	8.28*(3.47)*	2,58	*NS*
	Rang	(5-17)	(5-15)	(5-15)		
MMSE	Moyenne*(ET)*	29.35*(0.93)*	21.77*(1.69)*	16.64*(1.9)*	344,93	*<.001*
	Rang	27-30	19-24	12-18		

La sélection des patients a été réalisée à la Consultation de l'Hôpital de jour Alzheimer de Purpan-Casselardit à Toulouse selon les critères du NINCDS-ADRDA (McKahn et al. 1984) permettant d'exclure tout autre type de pathologie. Ainsi tout patient avec une histoire psychiatrique, de toxicomanie, ou des troubles perceptifs évidents et difficultés de compréhension ont été exclus de cette étude. Parmi les 27 patients MA, la répartition en fonction de la sévérité (stade léger : n=13, stade modéré : n=14) a été effectuée en fonction du Mini Mental State Examination (Folstein et al. 1975). Pour le stade débutant les patients ont un score au MMSE entre 19 et 24 et pour le stade modéré, entre 12 et 18.

2.2. *Instruments de mesure*

La batterie d'épreuves neuropsychologiques est composée de 5 tâches issues du protocole utilisé par Bartolo et al. (2007) et traduites en français (Alikhani, 2011). Le matériel est présenté sous la modalité visuelle : des images d'objets, pour les quatre premières tâches, et des gestes exécutés par l'expérimentateur pour la dernière (pantomimes d'utilisation d'objets). La passation de la batterie est individuelle, non limitée en temps. En référence aux modèles de Roy et Square (1985) et de Rothi et al. (1991, 1997), afin d'évaluer l'état du système sémantique praxique, nous avons utilisé deux types de tâches, les unes mobilisant les connaissances conceptuelles relatives à l'objet (identification de relation, appariement de fonction) et les autres mobilisant les connaissances liée à l'action (appariement de manipulation, reconnaissance de pantomime). Nous décrivons ci-après chaque tâche en respectant l'ordre de passation.

© IRIT

— *Tâche d'appariement visuel d'objet* (2 items exemples, 18 items). Chaque item comporte trois images dessinées d'objets : 2 images similaires, et une image distractrice, i.e. « moulin », « ventilateur », « moulin ». Consigne : « Je vais vous montrer les images de trois objets, vous allez me montrer les deux images qui se ressemblent ». Cette épreuve permet d'évaluer la capacité de reconnaissance visuelle des objets manufacturés en appariant les objets selon leur similarité visuelle par pointage.

— *Tâches évaluant les* connaissances *conceptuelles* :

- *Tâche d'identification de relation (2 items exemples,* 16 items). Chaque item comporte une image d'objet isolée (la référence, *i.e.* une théière), et deux autres images présentées ensembles (un objet qui interagit fonctionnellement avec le référent, *i.e.* tasse de thé et un objet distracteur, *i.e.* un verre). Consigne : « D'abord, je vais vous montrer l'image d'un objet, ensuite je vais vous montrer les images de deux autres objets. Vous allez me montrer celui qui est en lien avec le premier objet ». Cette tâche permet l'évaluation des connaissances conceptuelles telles que les relations entre les objets dans un contexte d'utilisation.

- *Tâche d'appariement de* fonction (2 items exemples, 15 items). Selon la procédure de Buxbaum et Saffran, 2002, chaque item comporte trois images d'objets qui diffèrent dans la manière de les manipuler mais dont deux objets partagent la même fonction, ou une fonction similaire (*i.e*. balai et aspirateur) et un objet sert de distracteur (*i.e.* produit vaisselle). Consigne : « Je vais vous montrer les images de trois objets, vous allez me montrer les deux objets avec des fonctionnalités similaires ». Cette tâche mobilise le traitement des propriétés fonctionnelles des objets, en excluant les connaissances de l'action effectuée sur ceux ci.

—*Tâches évaluant les connaissances de l'action :*

- *Tâche d'appariement de manipulation* (2 items exemples, 16 items). Chaque item comporte trois images d'objets qui diffèrent dans leur fonction mais dont deux objets se manipulent de façon similaire (i.e., fouet et raquette) et un sert de distracteur (i.e., balai), selon la procédure de Buxbaum et Saffran (2002). Consigne : « Je vais vous montrer les images de trois objets, vous allez me *montrer* les deux qui se manipulent de façon similaire ». Cette tâche mobilise le traitement des connaissances de l'action effectuée sur les objets, en excluant le traitement basé sur les propriétés fonctionnelles.

© IRIT

- *Tâche de reconnaissance de pantomime* (2 items exemples, 21 items). Il s'agit ici d'apparier un geste d'utilisation d'objet mimé par l'examinateur à l'image de l'objet correspondant, parmi trois distracteurs (un lié sémantiquement, un lié visuellement, et un non lié au bon objet). Par exemple, « mime d'utilisation d'une cuillère » : couteau (lié sémantiquement à la cuillère), brosse à dent (liée visuellement à l'utilisation de la cuillère) ou stylo (non liée avec la cuillère). Consigne : « Je vais vous montrer les images de quatre objets, et je vais mimer l'utilisation de l'un d'entre eux. Vous allez me montrer de quel objet il s'agit ». Cette tâche évalue les capacités d'identification et de reconnaissance de gestes.

Pour toutes les tâches, les réponses correctes sont notées d'1/1 et les réponses incorrectes de 0/1. Les performances sont calculées en termes de proportion de réponses correctes.

2.3. *Analyses statistiques*

L'analyse des résultats porte sur la proportion de réponses correctes. Après analyse de l'aplatissement et de l'asymétrie, nous avons effectué une analyse de variance à mesures répétées, avec comme facteur inter-sujet le groupe (âgés sains, patients stade débutant, patients stade modéré), et comme facteur intra-sujet le type de tâche (appariement visuel ; identification de relation, appariement de fonction ; appariement de manipulation, reconnaissance de pantomimes). Les comparaisons post hoc ont été effectuées avec le test de Tukey. Les tailles d'effet on été calculées grâce à eta carré (η 2) et au d de Cohen (une taille d'effet de 0.2 est considérée comme faible, 0.5 correspond à un effet moyen, et une valeur de d supérieure ou égale à 0.8 représente un effet élevé (Cohen, 1988).

3. Résultats

L'ANOVA à mesures répétées révèle un effet significatif du groupe $F(2,47)= 30,93$, $p<.001$, $\eta^2 =.568$. Les performances du groupe contrôle sont significativement supérieures à celles des patients au stade débutant de la maladie ($p<.001$, d =1,9), et à celles des patients au stade modéré de la maladie ($p<.001$, d =2,7). Par contre, les performances des patients au stade débutant et modéré de la maladie ne diffèrent pas significativement entre elles ($p=0,21$).

© IRIT

On note par ailleurs un effet significatif du type de tâche $F(4,188) = 178,84$, $p< .001$, $\eta^2=.792$. Les comparaisons post hoc de Tuckey mettent en évidence des différences significatives suivantes : performance à la tâche de reconnaissance de pantomime > performance à la tâche d'identification de relation > performance à la tâche d'appariement de fonction > performance à la tâche d'appariement de manipulation, $p<.01$ respectivement. Aucune différence significative de performance n'est constatée entre la tâche d'appariement visuel et les tâches d'identification de relation, $p= .37$, et de reconnaissance de pantomime, $p=.57$.

Tableau 2. *Moyennes (±ET) pour chaque tâche en fonction de chaque groupe.*

	Visuel	Relation	Fonction	Manipulation	Pantomime
Agés Sains	0,99 *(.03)*	0,97*(.05)*	0,88*(.06)*	0,75*(.13)*	1,00*(.01)*
MA débutant	0,85 *(.14)*	0,88*(.10)*	0,77*(.12)*	0,55*(.16)*	0,93*(.05)*
MA modéré	0,92*(.09)*	0,82*(.14)*	0,75*(.09)*	0,37*(.16)*	0,90*(.06)*

Enfin, l'interaction entre le groupe et le type de tâche est significative $F(8,188)=11,14$, $p< .001$, $\eta 2 =.322$.

—*Tâche d'appariement visuel :* les performances du groupe contrôle sont significativement plus élevées que celles du groupe MA stade débutant ($p=.001$, d =1.38), mais ne diffèrent pas du groupe MA modéré ($p=.38$). Les performances des deux groupes de patients MA ne diffèrent pas significativement entre elles ($p =.72$).

— *Evaluation du système conceptuel (Figure 1)*

Quelle que soit la tâche, les performances du groupe contrôle sont significativement plus élevées que celles des patients au stade débutant ou modéré [(*tâche d'identification de relation* : contrôle *vs.* MA débutant, $p<.05$, d =1.13 ; contrôle *vs.* MA modéré, $p<.001$, d=1.42) (*tâche d'appariement de fonction* : contrôle *vs.* MA débutant $p<.01$, d=1.15 ; contrôle *vs.* MA modéré, $p<.001$, d =1.7)]. Les performances des deux groupes de patients ne diffèrent pas entre elles ($p>.93$).

© IRIT

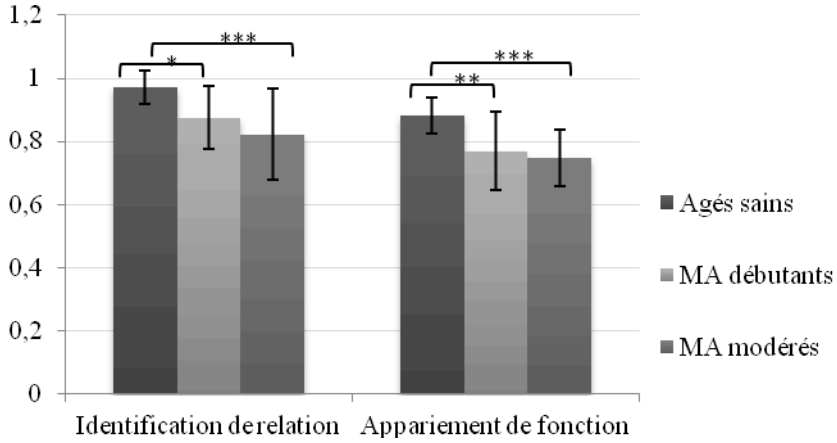


Figure 1. *Performances moyennes des trois groupes pour les épreuves d'identification de relation et d'appariement de fonction (*p<.05, ** p<.01, **p<.001).*

—Evaluation du système sémantique de l'action (Figures 2(A) et 2(B)):

A **B**

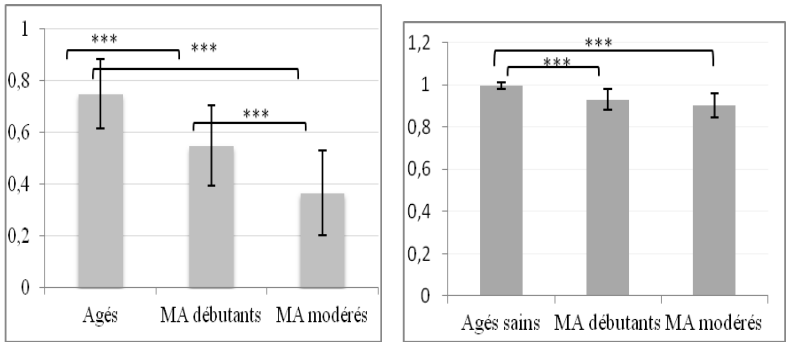


Figure 2.A *Moyennes (±ET) des performances à la tâche d'appariement de manipulation, ***p<.001.***B** *Moyennes (±ET) des performances à la tâche de reconnaissance de pantomime en fonction du groupe, ***p<.001 .*

- *Tâche d'appariement de manipulation* (Figure 2A). Le groupe contrôle a des performances significativement supérieures à celle du groupe MA stade débutant (*p<.001*, d =1.37) et du groupe MA stade modéré (*p<.001*, d=2.6). Les *patients* au stade débutant ont des performances significativement supérieures aux patients au stade modéré (*p<.001*, d=1.12).

- *Tâche de reconnaissance de pantomime* (Figure2B)**. L**es performances du groupe contrôle sont significativement supérieures à celles du groupe MA *stade* débutant (*p<.001*, d=2.32) ainsi qu'à celles du MA stade modéré

© IRIT

($p<.001$, d=1.94). Les performances des deux groupes de patients MA ne diffèrent pas significativement entre elles (p=1).

4. Discussion

Les objectifs de cette étude étaient de déterminer si le système praxique sémantique et ses sous systèmes, le système conceptuel et le système sémantique de l'action, étaient altérés dans la MA, et de définir le profil d'évolution de cette altération selon le degré de sévérité de la maladie. Nous avons évalué les performances des participants grâce à la batterie de Bartolo et al. (2007), en contrôlant la modalité de réception visuelle, et visuo-gestuelle, et évitant la production verbale ou gestuelle. Les tâches évaluant les connaissances conceptuelles étaient significativement moins réussies pour les deux groupes de patients par rapport aux personnes âgées saines, les performances des deux groupes de patients ne différant pas significativement entre elles. Ces données suggèrent la présence d'une altération des connaissances associatives et fonctionnelles des objets dès le stade débutant de la MA, mais qui reste relativement stable au stade modéré. La tâche d'appariement de fonction est globalement moins réussie que celle d'identification de relation, ce qui suggère une vulnérabilité précoce des connaissances fonctionnelles des objets par rapport aux connaissances associatives au cours du vieillissement normal et pathologique.

Concernant le système sémantique de l'action, quel que soit le stade d'évolution de la maladie, les patients présentent des difficultés dans le traitement de deux tâches évaluant ce système. De plus, les performances à la tâche d'appariement de manipulation sont plus faibles chez les patients au stade modéré que chez ceux au stade débutant. Ces données suggèrent une altération progressive du système sémantique de l'action dans la maladie d'Alzheimer. Concernant la tâche d'appariement de manipulation, un effet plancher est observé comme dans l'étude de Bartolo et al. 2007, effet sans doute lié à la nature particulière de la tâche. En effet, pour apparier les objets, il faut se représenter mentalement et simultanément les mouvements effectués pour chacun des objets, une opération qui semble devenir difficile avec le vieillissement (Craik, 1994, Bromley, 1958).

Nos résultats sont en accord avec les rares études de la littérature, qui mettent en évidence une altération du système conceptuel (Derouesné et al. 2000) et du système sémantique de l'action (Ochipa et al. 1992), à un stade précoce de la maladie. Par ailleurs, nos résultats suggèrent que le système sémantique de l'action pourrait être particulièrement sensible à la sévérité de la MA. Toutefois, les résultats de notre étude sont à relativiser compte

© IRIT

tenu du nombre restreint de participants. Il serait par ailleurs intéressant d'ajouter un groupe de sujets jeunes, afin d'évaluer les effets du vieillissement normal sur ce type de tâches.

Pour conclure, la compréhension des troubles praxiques dans la MA apporte un éclairage fondamental sur les mécanismes cognitifs impliqués dans le traitement des objets et des gestes, et devrait avoir une incidence sur la prise en charge de ces difficultés dans les activités de la vie quotidienne.

Bibliographie

[BAR 07] Bartolo, A., Daumüller, M., Della Sala, S., & Goldenberg, G. (2007). Relationship between object-related gestrures and the fractionated objet knowledge system. *Behavioural Neurology*, 18, 143-147.

[BRO 58] Bromley, D.B. (1958). Some effects of age on short term learning and remembering. *Journal of Gerontology*, 13(4): 398-406.

[BUX 02] Buxbaum, L.J., & Saffran, E.M. (2002). Knowledge of object manipulation and object function: dissociations in apraxic and nonapraxic subjects. *Brain and Language* 82, 179–199.

[COH 88] Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

[CRA 94] Craik, F.I.M. (1994). Memory changes in normal aging, *Current Directions in Psychological Science*, vol 3, n°5, 155-158.

[CRU 07] Crutch, S.J., Rossor, M.N., & Warrington, E.K. (2007). The quantitative assessment of apraxic deficits in alzheimer's disease. *Cortex*, 43, 976-986.

[CUB 00] Cubelli, R., Marchetti, C., Boscolo, G., & Della Sala, S. (2000). Cognition in action: testing a model of limb apraxia. *Brain and cognition*, *44*(2), 144–65.

[DAV 10] Davidson, J., Irizarry, M.C., Bray, B.C., Wetten, S., Galwey, N. Gibsosn, R., et coll. (2010). An exploration of cognitive subgroups in Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 233 – 243.

[DEL 87] Della Sala, S., Lucchelli, F., & Spinnler, H. (1987). Ideomotor apraxia in patients with dementia of Alzheimer type. *Journal of Neurology*, 234, 91–93.

[DER 00] Derouesné, C., Lagha-Pierucci, S., Thibault, S., Baudouin-Madec, V., & Lacomblez, L. (2000). Apraxic disturbances in patients with mild to moderate Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 38, 1760-1769.

[EDW 91] Edwards D.F., Deuel, R.K., Baum, C.M., & Morris, J.C. (1991). A quantitative analysis of apraxia in senile dementia of Alzheimer type: stage-related differences in prevalence and type. *Dementia*, 2, 142– 149.

[FOL 75] Folstein M. F., Folstein S.E. and Mchugh P.R. (1975) "Mini-mental state".A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. Journal *of Psychiatric Research*, 12: 189-198.

© IRIT

[HEI 97] Heilman K.M., Rothi L.J.G. Limb apraxia: a look back. In: Rothi LJG, Heilman K.M. editors. *Apraxia. The neuropsychology of action*. Hove, UK: Psychology Press, 1997:7–18.

[JOA 92] Joanette., Y., Ska., B., Poissant., A., & Béland., R. (1992). Neuropsychological aspects of Alzheimer's disease: evidence for inter- and intra-function heterogeneity. In: Boller, F., Forette, F., Khachaturian, Z., Poncet, M., & Christen, Y.(Eds.), *Heterogeneity of Alzheimer's disease*. Berlin: Springer-Verlag; 33–42.

[LIE 20] Liepmann, H. (1920). Apraxie. In H. Brugsch (Eds.), *Ergebnisse der gesamten Medizin* (pp.516–543). Wien Berlin: Urban & Schwarzenberg.

[MCK 84] McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D., Stadlan, E.M., 1984. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ARDRDA work group under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's disease. *Neurology* 34, 939–944.

[OCH 92] Ochipa, C., Rothi, L. J. G., & Heilman, K. M. (1992). Conceptual apraxia in Alzheimer's disease. *Brain*, 115, 1061–1071.

[PIL 95] Pillon, B., Blin, J., Vidailhet, M., Deweer, B., Sirigu, A., & Dubois, B. (1995). The neuropsychological pattern of corticobasal degeneration: comparison with progressive supranuclear palsy and Alzheimer's disease. *Neurology*, 45, 1477–1483.

[RAP 89] Rapcsak, S.Z., Croswell, S.C., & Rubens, A.B. (1989). Apraxia in Alzheimer's disease. *Neurology*, 39, 664-668.

[RAP 91] Rapoport, S.I. (1991). Positron Emission Tomography in Alzheimer's disease: a critical review. *Cerebrovascular and Brain Metabolism Reviews*, 3, 297–335.

[ROT 91] Rothi LG, Ochipa C, Heilman KM. A cognitive neuropsychological model of limb praxis. *Cognitive Neuropsychology* 1991;8:443-58.

[ROT 97] Rothi, L. J., Ochipa, C., & Heilman, K. M. (1997). A cognitive neuropsychological model of limb praxis. In Rothi & Heilman (Eds.), Apraxia. *The neuropsychology of action* (pp. 29-50). Hove: Psychology Press.

[ROY 83] Roy, E. A. (1983). Current perspectives on disruptions to limb praxis. *Physiological Therapy*, 63, 1998-2003.

[ROY 85] Roy, E. A., & Square, P. (1985). Common considerations in the studies of limb, verbal and oral apraxia. In E. A. Roy (Ed.), *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders* (pp. 111-156). Amsterdam: Elsevier.

[TRA 93] Travniczek-Marterer, A., Danielczyk, W., Simanyi, M., & Fischer, P. (1993). Ideomotor apraxia in Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, 88, 1-4.

[TYL 97] Tyler LK and Moss H.E. (1997). Functional properties of concepts : Studies of normal and brain-damage patients. *Cognitive Neuropsychology*, 14,511-545.

© IRIT

© IRIT

Reconnaissance de sons d'eau pour l'indexation en activités de la vie quotidienne

▶ Patrice GUYOT (IRIT, Toulouse), Julien PINQUIER (IRIT, Toulouse), Régine ANDRE-OBRECHT (IRIT, Toulouse).

■ RÉSUMÉ • L'évaluation de troubles dans la réalisation des activités quotidienne est aujourd'hui utilisée dans le diagnostic des démences, mais se heurte à un manque d'outils objectifs. Pour pallier ce manque, le projet IMMED propose la réalisation de vidéo au domicile du patient et l'indexation automatique de ces vidéos en activités. Ces vidéos indexées permettent aux spécialistes de visualiser les patients effectuer des activités dans leur environnement habituel. Dans ce contexte, de nombreuses tâches quotidiennes ont un rapport avec l'eau : se laver les mains, faire la vaisselle, se brosser les dents, etc. Dans cet article, nous présentons deux méthodes de détection de sons d'eau pour la segmentation automatique en activité. La première méthode, basée sur des descripteurs acoustiques, permet la détection du flot d'eau. Pour reconnaître les autres types de sons d'eau, comme les gouttes, nous présentons également une approche originale qui s'appuie sur des modèles acoustiques des sons de liquides.

■ MOTS-CLÉS • Démence, Alzheimer, caméra, indexation, segmentation, activités de la vie quotidienne, acoustique, scènes sonores, eau, goutte, liquide

■ *ABSTRACT • With ageing of the population in the world, patients with Alzheimer's disease consequently increase. People suffering from this pathology show early modifications in their "activities of daily living". Those abilities modifications are part of the dementia diagnosis, but are often not reported by the patients or their families. The IMMED project investigates tele-monitoring technologies to support doctors in the diagnostic and follow-up of dementia illnesses such as Alzheimer. Specifically, water sounds are very useful to track and identify abnormal behaviors form everyday activities (e.g. hygiene, household, cooking, etc.). In this work, we propose two approaches to detect this type of sound events. The first one is based on acoustics descriptors and aim to recognize water flow events. The second one is based on a physical model of air bubble acoustics. It is able to recognize a wide variety of water sounds.*

■ *KEYWORDS • Dementia, Alzheimer, camera, indexing, segmentation, activities of daily living, acoustic, computational auditory scene analysis, water, drop, liquid*

© IRIT

1. Indexation en activités pour l'aide au diagnostic

1.1. Contexte général

Avec l'augmentation de l'espérance de vie, les cas de démences sont de plus en plus fréquents. Actuellement, le processus de diagnostic de ces démences ne permet pas d'identifier à temps toutes les personnes souffrantes dans la population. De nouveaux protocoles et outils de diagnostic semblent ainsi nécessaires pour permettre de sécuriser les conditions de vie de ces personnes âgées et d'éviter une dégradation de leur état de santé.

Les démences telles que la maladie d'Alzheimer sont habituellement diagnostiquées par l'intermédiaire d'indices sur des changements pathologiques dans la vie de tous les jours des patients. Pour évaluer ces changements, les médecins utilisent des examens neurologiques, des techniques d'image cérébrale, et principalement des tests neuropsychologiques.

Les tests neuropsychologiques sont basés sur des questionnaires sur support papier et des discussions qui ont pour but d'identifier des difficultés à réaliser certaines activités de la vie quotidienne. La déficience dans la réalisation de ces activités peut, en effet, être reliée à un déclin cognitif causé par les démences. Elle engendre également une perte d'autonomie du patient. Ainsi, le diagnostic de démence est déclaré à partir du résultat de ces tests et du constat de perte d'autonomie du patient.

Evaluer une perte d'autonomie fait donc partie du diagnostic. Toutefois, cette évaluation dépend d'outils subjectifs et de compétences à analyser clairement la situation ; elle se heurte aux dénis du patient et de ses proches, ou à l'anosognosie. Concrètement, les équipes médicales estiment le plus souvent des aptitudes énoncées par le patient lui-même ou par ses proches (Gaëstel et al, 2011).

1.2. Observation des activités quotidiennes à domicile

Le projet IMMED a été développé pour élaborer de nouvelles méthodes pour mesurer objectivement les effets de la perte d'autonomie chez les patients (Mégret et al, 2010). L'objectif est d'estimer de manière la plus complète les aptitudes du patient à exécuter dans son domicile des activités de la vie quotidienne, et d'évaluer les éventuels erreurs des patients au sein d'un environnement réel et habituel.

Dans le cadre de ce projet, nous avons développé un système de capture vidéo permet de filmer les activités instrumentales du patient. Ce dispositif, illustré à la figure 1, a été réalisé à partir d'une caméra portative fixée sur un gilet porté par le patient. Les tests réalisés sur des volontaires âgés sains ainsi que sur des patients souffrants de troubles légers n'ont pas mis en évidence de gêne des personnes vis-à-vis du dispositif. Lors de la réalisation effective des vidéos, un psychologue vient au

© IRIT

domicile du patient pour installer le dispositif et proposer au patient un ensemble d'activités d'intérêt à effectuer.

Figure 7 • Dispositif d'acquisition audio-vidéo

1.3. Indexation audio vidéo

L'acquisition vidéo au domicile du patient fournit de longues séquences. Ces séquences peuvent de quelques dizaines de minutes à plus d'une heure, ce qui est trop long pour être visualisé entièrement par un spécialiste. De plus les scènes filmées n'ont d'intérêt que si l'autonomie du patient peut être évaluée. La navigation dans la vidéo est donc un point critique pour la viabilité de cette approche. Au sein du projet IMMED, une interface de navigation a été réalisée par l'intermédiaire d'un ensemble d'activités d'intérêt, défini préalablement par les médecins et indexées automatiquement. Cette interface permet au spécialiste de visualiser directement les scènes où l'autonomie du patient peut être évaluée, ou de regarder la vidéo de manière séquentielle (Karaman, 2011).

L'analyse automatique des vidéos est ainsi une étape préalable importante pour construire l'indexation nécessaire à la consultation des données par un médecin expert. Un des objectifs du projet est donc d'extraire des informations des flux audio et vidéo pour segmenter chaque vidéo en activité.

Concrètement, des informations audio et vidéo de bas niveau (bruit d'intérêts liés à des activités, mouvement de la caméra, ou encore localisation du patient dans la maison) sont fusionnées pour segmenter la vidéo en activité (Pinquier et al, 2012). Si ce type de segmentation automatique obtient de nos jours des résultats satisfaisants pour des types de données fortement structurées et de bonne qualité, comme le journal télévisé ou certaines émissions de radio, l'indexation en activités pose de nombreux problèmes sur les enregistrements issus de la caméra portée dans différents lieux.

© IRIT

1.4. Description de la problématique

Au sein du projet IMMED, nous avons principalement travaillé sur la détection automatique de bruit d'intérêts permettant d'inférer sur l'activité effectuée par le patient. La principale difficulté est que ces bruits d'intérêts sont le plus souvent recouverts par d'autres sons. Par exemple, le son dû à l'utilisation d'un robinet va être recouvert par les bruits de chocs de vaisselle lors de l'activité *faire la vaisselle*. A ces sons peuvent s'ajouter d'autres sons environnementaux indépendants de l'activité du patient, qu'ils soient intérieurs, par exemple un bruit de néon, ou extérieurs au domicile comme les bruits de circulation (Mesaros et al, 2010). De plus, le patient étant en discussion permanente avec le psychologue qui le guide sur les activités à réaliser, la parole est extrêmement présente dans le corpus IMMED. La voix du patient recouvre donc souvent les sons environnementaux que nous aimerions détecter. Enfin, à la différence de la plupart des projets comparables de l'état de l'art, par exemple (Chen et al, 2005), les enregistrements du projet IMMED proviennent de lieux différents, et sont effectués par l'intermédiaire d'une caméra portée. Ainsi, une même activité, par exemple *faire le café,* peut provoquer des sons très différents selon les objets et l'acoustique des lieux impliqués, mais aussi selon la position du patient et du microphone de la caméra.

Au sein de ce projet, nous avons travaillé sur de la détection automatique de sons d'eau. Ces sons ont, en effet, la particularité de présenter une certaine homogénéité indépendante des maisons. Nous pouvons donc supposer qu'il est possible de créer un système de détection robuste et indépendant du domicile. De plus, à la différence d'autres bruits de la maison liés aux activités, ces sons ont la particularité d'être présents sur un ensemble important d'activités d'intérêt définies par les médecins. Ainsi, les sons d'eau se retrouvent dans les activités d'hygiène (*se laver les mains, se laver les dents*), de nettoyage (*faire la vaisselle*), mais aussi les activités de cuisine (*faire le café*) ou d'entretien (*arroser les plantes*).

Identifier correctement un son d'eau constitue donc un élément bas niveau important pour l'indexation en activité. Nous proposons dans cet article deux approches de détection acoustique de sons d'eau. Une première approche se base sur l'utilisation d'un robinet et vise à reconnaître un jet d'eau continu que nous appelons flot d'eau. Une seconde approche basée sur l'acoustique des sons de liquide permet de reconnaître les autres types de sons d'eau.

2. Reconnaissance de flot d'eau

Nous allons décrire dans cette partie nos contributions à la reconnaissance automatique de sons de flot d'eau dans des vidéos d'activitées effectuées au domicile du

© IRIT

patient. Nous appellerons « flot d'eau » les sons liés à l'ouverture d'un robinet ou d'une douche. Ces sons ont la particularité acoustique d'être plutôt stationnaires et bruités.

2.1. Etat de l'art

La reconnaissance de flot d'eau pour des applications médicales a déjà été abordée dans plusieurs études scientifiques. Certaines approches utilisent des capteurs placés directement sur les tuyaux pour détecter l'utilisation de l'eau (Fogarty et al, 2006). D'autres utilisent des microphones placés près du bassin pour reconnaître les activités liées à l'eau (Chen et al, 2005). Dans une étude plus proche de notre application, Taati utilise une caméra placé au-dessus d'un lavabo pour détecter l'activité *se laver les mains* (Taati et al., 2010).

Ces précédentes études présentent toutefois le point commun d'avoir été effectuées dans des lieux uniques. Ainsi les données servant à modéliser les sons d'eau et les données visant à tester les systèmes ont été enregistrées dans les mêmes conditions. Celles-ci permettent une utilisation satisfaisante des méthodes d'apprentissage automatique, par exemple des Machines à Vecteur de Support (SVM). Dans notre projet, chaque patient est filmé dans un lieu différent. Les données obtenues sont donc très hétérogènes. Aussi nous avons décidé de nous éloigner des algorithmes d'apprentissage automatique pour privilégier une approche bas-niveau et robuste au changement de domicile.

2.2. Descripteurs acoustiques

Dans un premier temps, nous avons comparé des descripteurs acoustiques qui pouvaient caractériser la forme bruitée et continue des sons de flot d'eau. La figure 2 nous montre une comparaison des valeurs de descripteurs sur une séquence audio de 3 minutes, extraite du corpus IMMED. Dans cette séquence, nous pouvons observer un long passage durant lequel le robinet est ouvert et le flot d'eau peut être entendu. Dans la dernière partie de ce passage, le patient discute avec le psychologue et la parole s'ajoute au flot d'eau.

Nous pouvons observer sur le spectrogramme la bande bruitée et continue correspondante au flot d'eau. Comme nous pouvons le voir sur la figure, des descripteurs usuels tels que le *Zero Crossing Rate* ou le *Spectral centroid* pourraient être bien adaptés à la détection de zone de flot d'eau, malheureusement leur courbe s'effondre en présence de parole. La courbe du *Spectral Flatness*, souvent utilisé pour décrire l'aspect bruité d'un son, est quant à elle très instable en dehors de la zone de flot d'eau, du fait de la présence importante de bruits dans le corpus (choc, frottement sur caméra).

© IRIT

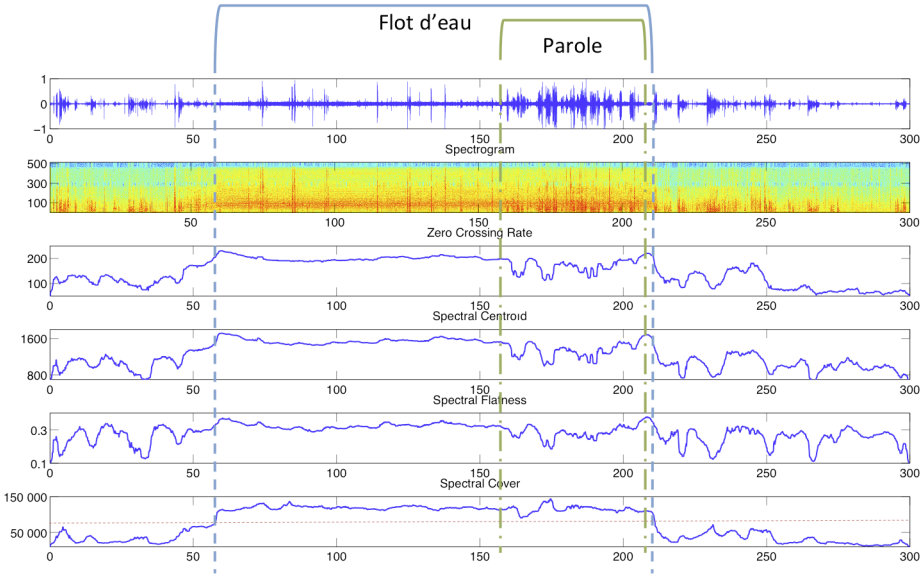


Figure 8 • Comparaison d'un ensemble de descripteurs acoustiques

Nous avons introduit un nouveau descripteur, appelé *Spectral Cover*, dont les caractéristiques permettent de détecter les sons de flots d'eau tout en étant robuste à la voix. Comme nous le voyons sur la figure 2, un simple seuillage suffit à isoler la partie du flot d'eau du reste de l'enregistrement. Ainsi, à partir de ce descripteur, nous avons pu définir un système de reconnaissance (Guyot et al, 2012).

2.3. Système de détection de flot d'eau

La figure 3 illustre le fonctionnement de notre système de détection. Dans un premier temps, la partie de l'audio est extraite de la vidéo. Nous calculons alors la couverture spectrale sur l'ensemble du flux audio. Un premier seuillage (T_1) permet de sélectionner des segments pouvant correspondre à des sons d'eau. Un deuxième paramètre (T_2) nous permet d'éliminer d'autres sons dont la couverture spectrale est trop élevée, par exemple les sons provoqués par un aspirateur. La sortie du système est constituée de segments de flots d'eau. Les paramètres de ce système ont été ajustés sur un fichier du corpus IMMED qui a été utilisé pour le développement.

© IRIT

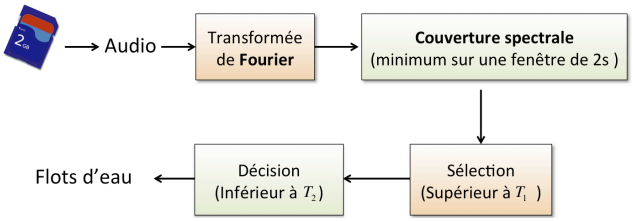


Figure 9 • Système de segmentation de flot d'eau

Au final, ce système assez simple n'utilise pas d'apprentissage et peut être utilisé dans n'importe quel domicile. Il obtient pourtant des résultats supérieurs aux systèmes de l'état de l'art qui s'adaptent mal aux problématiques du projet IMMED.

2.4. Construction d'un système hiérarchique

Dans une autre étude (Guyot, Valero et al, 2013), nous rajoutons à ce système une deuxième étape de classification basée sur de l'apprentissage pour raffiner la sortie de notre système. Nous utilisons comme étape de segmentation le système décrit ci-dessus, la sortie du système n'étant plus constituée de flots d'eau mais d'évènements clefs que nous classons dans la deuxième étape. Pour maximiser le rappel de ce système de segmentation, les paramètres ont été légèrement modifiés.

Pour la classification, nous utilisons les gammatones qui ont récemment montré de bonnes performances sur les sons environnementaux (Valero, 2012). Pour le système de classification automatique, plusieurs méthodes furent testées et les machines à vecteur de support furent finalement sélectionnées. Cette étape de classification permet de classer les évènements clefs comme flots d'eau ou autre.

2.5. Expériences

Le tableau 1 présente les résultats de ces différents systèmes. Les expériences ont été effectuées sur un corpus de 20 fichiers du projet IMMED. Ces fichiers audio ont été enregistrés dans 20 domiciles différents. La durée totale de ces fichiers est de 7 heures et 30 minutes. Une vérité terrain, annotée manuellement, indexe 85 segments de son d'eau pour une durée totale de 25 minutes.

	Précision	Rappel	F-mesure
MFCC / GMM	35%	87%	45%
Gammatones / SVM	48%	86%	53%
Système spectral cover	54%	83%	66%
Système hiérarchique	79%	86%	82%

Tableau 1 • Résultat des systèmes de reconnaissance de flot d'eau.

Les deux premiers systèmes sont basés sur des techniques d'apprentissage automatique, les résultats étant obtenus par des méthodes de validation croisées dont les

© IRIT

vidéos de test et d'apprentissage proviennent de domiciles différents. Le premier système est un classique de l'état de l'art qui utilise des coefficients cepstraux (MFCC) et un mélange de lois gaussiennes (GMM). La deuxième ligne de ce tableau présente les résultats du système Gammatones/SVM, identique à celui utilisé dans notre système hiérarchique, mais cette fois ci utilisé seul sans segmentation préalable.

Notre système, basé sur le *Spectral Cover* décrit dans la partie 2.3, est présenté sur la troisième ligne. Nous pouvons observer des résultats supérieurs aux systèmes classiques fondés sur de l'apprentissage, qui s'adaptent mal aux problématiques du projet IMMED. La dernière ligne présente les résultats du système hiérarchique décrit en 2.4. L'utilisation d'une étape de classification supplémentaire améliore largement les scores de reconnaissance. Nous supposons donc que la première étape de segmentation basée sur un paramètre bas-niveau permet de créer des données plus homogènes qui peuvent être par la suite utilisées au sein d'une classification automatique.

La détection de flots d'eau admet ainsi des scores satisfaisants pour que cette tâche soit incorporée dans un système plus large de reconnaissance d'activités. Toutefois certains sons d'eau ne sont pas détectés par cette méthode, même en privilégiant le rappel du système. En effet, les activités liées à l'utilisation de l'eau n'impliquent pas forcément un son de flot d'eau. Dans la partie suivante, nous allons caractériser plus finement les sons d'eau, en nous basant sur des éléments acoustiques.

3. Reconnaissance de sons de gouttes d'eau

3.1. Etat de l'art : acoustique

L'acoustique des sons de liquide, est particulièrement de l'eau, a été étudiée depuis de nombreuses années (Bragg, 1921). Il peut être étonnant de constater que l'eau en elle-même ne produit pratiquement aucun son. C'est en général quand l'air est emprisonné dans l'eau que les sons d'eau peuvent être entendus. Ce phénomène est, par exemple, observable en pleine mer, quand les vagues deviennent bruyantes lorsqu'elles se cassent en emprisonnant de l'air.

Les sons de liquide viennent ainsi principalement de la vibration de bulle d'air dans l'eau. Ils sont donc constitués d'une multitude éléments sonores discrets dont la localisation dans le plan temps-fréquence est reconnue comme étant un indice perceptif permettant de reconnaître les sons de liquides (Geffen et al., 2011). La vibration de ces bulles d'air est étudiée par les acousticiens (Leighton, 1997), mais elle est également utilisée dans les techniques de synthèse sonore pour générer des sons de liquides divers à partir de la vibration unique d'une bulle d'air (Van den Doel, 2005).

© IRIT

3.2. Modélisation de la vibration de bulle d'air

La vibration d'une bulle d'air peut être modélisée par un système masse-ressort. La réponse impulsionnelle de l'oscillation radiale d'une bulle d'air sphérique est donné par :

$$\iota(t) = \mathrm{a}\sin(2\pi f t)e^{-dt}$$

La fréquence de résonnance *f* étant liée au diamètre de la bulle d'air, tout comme le facteur d'amortissement *d*.

Une bulle d'air apparaît généralement lors de la chute d'une goutte d'eau dans l'eau. Lorsque la bulle d'air monte à la surface, la masse d'eau qui recouvre la bulle diminue, et la fréquence de vibration de la bulle augmente. Ce phénomène constitue un indice perceptif important pour reconnaître les sons de liquide. Nous pouvons observer ce phénomène dans un son de goutte d'eau, comme sur la figure 4 où la montée en fréquence succède à l'impact de la goutte dans l'eau au temps 0.

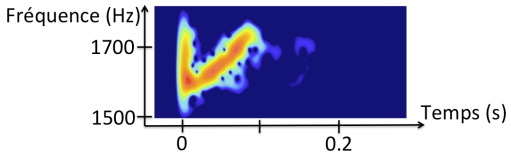


Figure 10 • Spectrogramme d'un son de goutte d'eau

3.3. Détection de bulles d'air

Nous avons ainsi proposé un système de reconnaissance audio basé sur les modèles acoustiques de vibration de bulles d'air dans l'eau (Guyot et al, 2013). L'objectif de cette approche est la détection des sons de bulles d'air dans un spectrogramme (au niveau fréquentiel) à partir d'hypothèse provenant des modèles physiques utilisés en acoustique et en synthèse sonore. Notre système se décompose en trois parties, une sélection de candidats dans un banc de filtre fréquentiel, une décision dans un plan temps-fréquence et une étape finale de post-traitement (cf. figure 5).

3.3.1. Sélection dans un banc de filtre

Dans cette étape, les candidats correspondants à des points temps-fréquence sont sélectionnés dans un spectrogramme. A partir du modèle physique, nous supposons toute l'énergie d'une bulle est contenue dans une seule bande de fréquence du spectrogramme à un instant donné. Nous utilisons un banc de filtre fréquentiels pour sélectionner des candidats. Ces derniers sont des points du banc de filtre qui contiennent 85% de l'énergie du signal en cet instant.

© IRIT

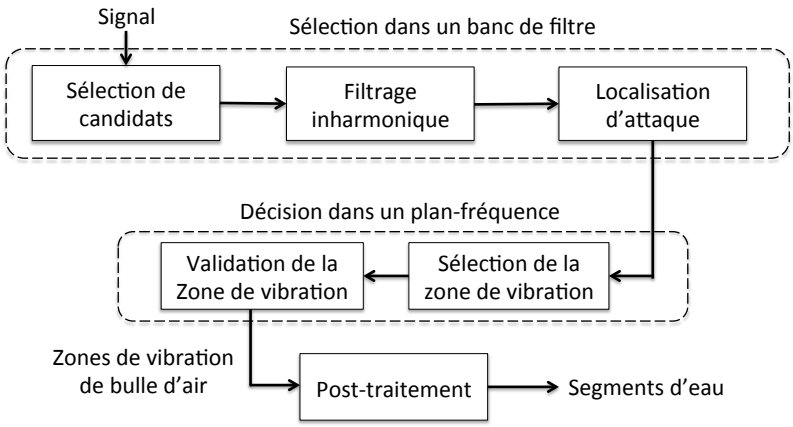


Figure 5 • Diagramme du système de détection de bulles d'air

D'autre part, la fréquence de résonnance des bulles est liée à leur rayon. Comme les grosses bulles n'apparaissent que rarement dans la nature (sauf quand un très gros objet tombe dans l'eau), nous supprimons les candidats dont la fréquence est inférieure à 800 Hz. Nous supprimons également les candidats situés sur des trames harmoniques dont la fréquence fondamentale est en dessous de ce seuil.

L'étape de sélection se termine par la localisation de l'attaque du son, associé au minimum local d'énergie situé entre le candidat et 100 millisecondes avant celui-ci. Nous supposons que le candidat trouvé correspond au début du son de bulle.

3.3.2. Décision dans un plan temps-fréquence

Dans cette phase, nous allons considérer l'ensemble du spectrogramme est associer une zone temps-fréquence à chaque bulle. A partir des modèles physiques de vibration, nous pouvons exprimer l'amortissement de la vibration en fonction de la fréquence de résonance, et ainsi associer des zones temporelles supérieures pour les grosses bulles qui provoquent des sons graves. La taille fréquentielle des zones est fixe et fixée à 500Hz, ce qui permet de contenir les variations fréquentielles de la bulle.

Nous considérons les zones situées avant (pré-zone) et après (post-zone) la bulle d'air (cf. figure 6). Comme les vibrations sont des éléments discrets, nous supposons que l'énergie sera principalement située dans la zone de vibration de la bulle.

© IRIT

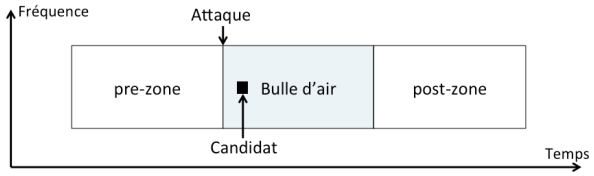


Figure 6 • Localisation dans une zone temps/fréquence

Enfin, l'étape de post-traitement permet de supprimer les zones détectées isolées pour ne garder que des groupes de bulles qui apparaissent lors des activités liées à l'eau.

3.4. Développement

Nous avons constitué un corpus de développement à partir de deux extraits de 5 secondes du projet IMMED auxquels nous avons ajoutés des sons environnementaux issus du projet Freesound (Freesound, 2012). Ce corpus de 22 sons nous a permi de fixer les seuils de notre algorithme.

Nous pouvons voir sur les figures suivantes les résultats de cet algorithme avant l'étape de post-traitement. Les figures 7 et 8 sont issues du projet IMMED. Les bulles sont détectées en présence de l'activité *faire la vaisselle* Les quatre autres sons sont issus de la base Freesound. Si notre méthode révèle quelques fausses alarmes (figure 7), l'étape de post-traitement est souvent suffisante pour les supprimer. La figure 8 est intéressante car elle montre que, même en présence d'un flot d'eau plutôt bruité, certaines bulles ressortent acoustiquement et peuvent être détectées par notre système.

3.5. Expériences

Deux expériences ont été effectuées pour valider cette approche. Dans la première nous avons utilisé un corpus (accessible à la communauté scientifique[i]) de 45 fichiers, enregistrés dans une habitation et correspondants à des activités comme *faire la vaisselle* ou au bruit de certains objets. L'objectif de cette expérience était de classer les sons selon la présence d'eau ou non. En appliquant notre méthode de détection de bulles d'air, tous les sons de liquide ont été détectés (*bain, se laver les mains, tirer la chasse, robinet qui coule*). Les fausses alarmes (*scier, allumer une allumette*) révèlent des sons qui semblent être composés d'impacts multiples, localisés dans le plan temps-fréquence, et détectés par notre système.

© IRIT

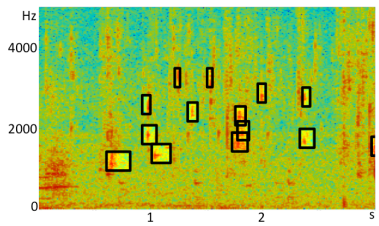


Figure 7 • Activité faire la vaisselle

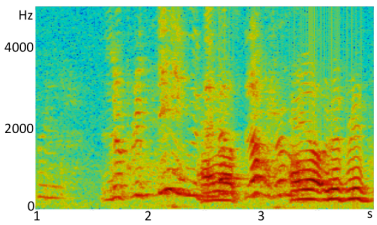


Figure 8 • Parole

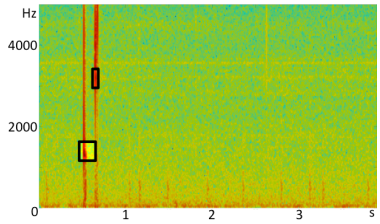


Figure 9 • Robinet qui goutte

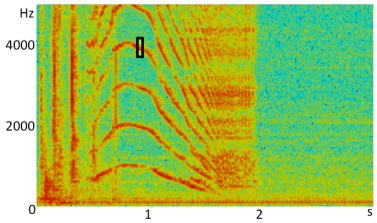


Figure 10 • Porte ouverte et fermée

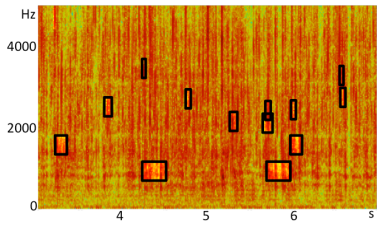


Figure 11 • Flot d'eau

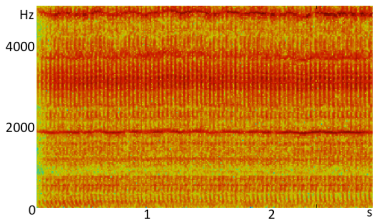


Figure 12 • Alarme de réveil

La deuxième expérience a été effectuée sur le corpus IMMED. Nous avons choisi un fichier de 21 minutes dans lequel une personne âgée effectue diverses activités à la maison. Ce fichier contient 82 secondes de l'activité faire la vaisselle. Comme le flot d'eau est presque inaudible durant cette activité, les précédents systèmes ne pouvaient pas détecter correctement cette activité. L'application de notre méthode de détection de bulle d'air a permis de reconnaître 63 secondes de sons de liquides. Les sons de liquide reconnus sont liés à la manipulation de vaisselle immergée ou à l'utilisation d'une éponge.

4. Conclusion

A travers différentes approches, nous avons développé des méthodes de détection de sons d'eau pour l'indexation en activités du quotidien. Une première approche,

© IRIT

basée sur le signal et les descripteurs acoustiques, permet de détecter les sons de flots d'eau liés à l'ouverture d'un robinet. Les études sur l'acoustique des sons de liquide nous ont permis de développer une seconde approche originale dans le but de détecter d'autres sons d'eau ne faisant pas intervenir de flot, par exemple les sons de gouttes d'eau. Ces deux systèmes nous permettent de reconnaitre différentes activités liées à l'eau et pourront être fusionnés dans un système plus complexe d'indexation en activités de la vie quotidienne. Ce dernier système pourra ainsi être utilisé par les médecins pour visionner des activités de la vie quotidienne enregistrés dans des domiciles différents.

Les méthodes de détection de sons d'eau développées peuvent également être utilisées pour d'autres applications liées à l'utilisation de l'eau au quotidien, par exemple la détection de gaspillage d'eau (Terao et al., 2008).

Une taxonomie des sons de liquide du quotidien est actuellement à l'étude dans l'objectif de valider ces deux approches de détection sur un ensemble éclectique de sons de liquide du quotidien. Cette recherche précisera les catégories sonores impliquées dans la perception des sons de liquide. Les résultats nous permettrons de comparer nos deux approches de reconnaissance de sons de liquide avec le fonctionnement de la perception humaine. Ces conclusions pourront nous amener à proposer d'autres applications à nos systèmes comme l'identification des activités liées à l'utilisation de l'eau.

---

[i] BBC-Sound-Effect-Library. Disc #3: Household

BIBLIOGRAPHIE

(Bragg, 1921)

Bragg W.H. (1921). The World of Sound, Bell, London.

(Chen et al, 2005)

Chen J., Kam A., Zhang J., Liu N., Shue L. (2005). Bathroom activity monitoring based on sound. *Pervasive Computing, PERVASIVE*.

(Fogarty et al, 2006)

Fogarty J., Au C., Hudson S. (2006). Sensing from the basement: a feasibility study of unobtrusive and low-cost home activity recognition. *Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*.

(Freesound, 2012)

Freesound. Collaborative database of creative-commons licensed sound. http://www.freesound.org (consulté le 15 décembre 2012).

(Gaëstel et al, 2011)

© IRIT

Gaëstel Y., Onifade-Fagbemi C., Trophy F., Karaman S., Benois-Pineau J., Mégret R., Pinquier J., André-Obrecht R., Dartigues J.F. (2011). Autonomy at home and early diagnosis in alzheimer disease: usefulness of video indexing applied to clinical issues. the immed project. *Journal of Alzheimer's and Dementia,* vol. 7, no. 4, pp. 245.

(Geffen et al., 2011)

Geffen M.N., Gervain J., Werker J.F., Magnasco M.O. (2011). Auditory perception of self-similarity in water sounds. *Frontiers in Integrative Neuroscience,* vol. 5.

(Guyot et al, 2012)

Guyot P., Pinquier J., André-Obrecht R. (2012). Water flow detection from a wearable device with a new feature, the spectral cover. *Proceedings of the 10th International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing,* CBMI. IEEE.

(Guyot et al, 2013)

Guyot P., Pinquier J., André-Obrecht R. (2013). Water sound recognition based on physical models. *Proceedings of the 38th International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing,* ICASSP. IEEE.

(Guyot, Valero et al, 2013)

Guyot P., Valero X., Pinquier J., Alías F. (2013). Two-step detection of water sound events for the diagnostic and monitoring of dementia. *Proceedings of the International Conference on Multimedia and Expo,* ICME. IEEE.

(Karaman, 2011)

Karaman S., Benois-Pineau J., Mégret R., Pinquier J., Gaëstel Y., Dartigues J.-F. (2011). Activities of daily living indexing by hierarchical hmm for dementia diagnostics. *Content-Based Multimedia Indexing,* CBMI. IEEE.

(Leighton, 1997)

Leighton T. G. (1997). The acoustic bubble, vol. 10, *Academic Press*, 1997.

(Mégret et al, 2010)

Mégret R., Dovgalecs V., Wannous H., Karaman S., Benois-Pineau J., El Khoury E., Pinquier J., Joly P., André-Obrecht R., Gaëstel Y. (2010) The immed project: wearable video monitoring of people with age dementia. *Proceedings of the international conference on Multimedia.* ACM.

(Mesaros et al, 2010)

Mesaros A., Heittola T., Eronen A., Virtanen T. (2010). Acoustic event detection in real-life recordings. *Proceedings of the 18th European Signal Processing Conference,* EUSIPCO. IEEE.

(Pinquier et al, 2012)

Pinquier J., Karaman S., Letoupin L., Guyot P., Mégret R., Benois-Pineau J., Gaestel Y., Dartigues J-F. (2012). Strategies for multiple feature fusion with hierarchical hmm: application to activity recognition from wearable audiovisual sensors*. Proceedings of the 21st International Conference on Pattern Recognition,* ICPR. IEEE.

(Taati et al., 2010)

Taati B., Snoek J., Giesbrecht D., Mihailidis A. (2010). Water flow detection in a handwashing task. *Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV)*. IEEE, pp. 175–182.

(Terao et al., 2008)

Terao Y., Mita A. (2008). Robust water leakage detection approach using the sound signals and pattern recognition. *Proceedings of Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers.*

(Valero, 2012)

© IRIT

Valero, X., Alías, F. (2012) Gammatone Cepstral Coefficients: Biologically Inspired Features for Non-Speech Audio Classification. *Proceedings of Transactions on Multimedia,* vol. 14, pp. 1684-1689. IEEE

(Van den Doel, 2005)

Van den Doel K. (2005). Physically based models for liquid sounds. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP),* vol. 2, no. 4, pp. 534–546.

© IRIT